



Możliwości wykorzystania opracowanych narzędzi
do zwiększania zasobów poznawczych pracowników starszych
Materiały informacyjne

Opracowano na podstawie wyników V etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

Projekt nr IV.PB.07

pt. Zwiększanie zasobów poznawczych pracowników starszych oraz osób zagrożonych wykluczeniem cyfrowym poprzez stymulację w środowisku wirtualnym ze szczególnym uwzględnieniem wymagań kompetencyjnych do realizacji zadań w przedsiębiorstwach Przemysłu 4.0

Koordinator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Autor: dr hab. inż. Andrzej Grabowski

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

© Copyright by Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa 2022

CIOP  **PIB**

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa
tel. (48-22) 623 36 98, www.ciop.pl

Wprowadzenie

Wraz z wiekiem zmieniają się możliwości wykonywania pracy przez człowieka, co jest spowodowane głównie obniżaniem się wydolności i sprawności fizycznej oraz niektórych elementów sprawności psychofizycznej (m.in. szybkości reakcji, spostrzegawczości, sprawności narządów zmysłów). Jednocześnie u osób starszych zwiększa się częstość występowania chorób przewlekłych, takich jak m.in. układu krążenia, oddechowego i mięśniowo-szkieletowego, a także zaburzeń hormonalnych i przemiany materii. Natomiast wymagania, jakie stawia wykonywana praca zawodowa najczęściej pozostają takie same bez względu na wiek pracownika. To sprawia, że wraz z wiekiem może wzrastać rzeczywiste obciążenie pracą.

Dodatkowym czynnikiem jest modernizacja wszystkich gałęzi przemysłu oraz coraz bardziej intensywne wdrażanie koncepcji Przemysłu 4.0, co jest związane m.in. z szerszym wykorzystaniem technologii informacyjno-komunikacyjnych (ang. *ICT*), w tym narzędzi teleinformatycznych. Wprowadzanie tego typu narzędzi może się wiązać z większym obciążeniem kognitywnym pracowników (większa liczba strumieni danych, więcej informacji do przetwarzania i wykorzystania w realizowanych obowiązkach, nowe interfejsy człowiek-maszyna itp.), zwłaszcza pracowników starszych, którzy będą musieli dostosować się do nowej dla nich rzeczywistości oraz nabyć nowych umiejętności do realizacji zadań w inteligentnych systemach wytwarzania.

Dla rozwoju polskiej gospodarki niezbędna jest jakościowa zmiana modelu konkurowania przemysłu w kierunku wykorzystania nowoczesnych mechanizmów generowania wiedzy i technologii. Zmiany w przemyśle nie będą mogły być jednak zrealizowane bez dysponowania odpowiednią kadrą, dlatego planowane są działania związane z inicjowaniem, integrowaniem i wspomaganiem inicjatyw zorientowanych na transformację krajowego przemysłu do poziomu Przemysłu 4.0, w szczególności tworzenia krajowej bazy kompetencji dla realizacji tej transformacji (której celem może być np. rozwój infrastruktury technicznej i kompetencji dla Przemysłu 4.0) oraz działania dotyczące wspierania kształcenia zawodowego dla potrzeb ewolucyjnych zmian przemysłu (np. w celu wspierania kształcenia zawodowego dla Przemysłu 4.0). Aplikacje szkoleniowe wykorzystujące techniki rzeczywistości wirtualnej mogą być skutecznym i efektywnym narzędziem wspierającym wszystkie wyżej wymienione działania.

Wyniki projektu będą również przydatne dla osób zagrożonych wykluczeniem cyfrowym lub informacyjnym. Jak się coraz powszechniej uważa tego typu wykluczenie wynika bardziej z braku chęci i doświadczenia w korzystaniu z nowych technologii, niż z rzeczywistych barier technicznych. Planowane do opracowania gry realizowane w środowisku wirtualnym mogą przyczynić się do zmniejszenia obaw wiążących się z poznawaniem nowych technologii wykorzystywanych w środowisku pracy i w efekcie do wzrostu kompetencji tej grupy osób. Ponieważ przeciwdziałanie wykluczeniu cyfrowemu powinno zogniskować się na

przełamywaniu barier psychicznych ważne jest, aby scenariusze i realizacja gier była dostosowana do potrzeb i możliwości potencjalnych odbiorców.

Wpływ gier na funkcjonowanie poznawcze

Funkcjonowanie poznawcze można szeroko zdefiniować jako działania mózgu zaangażowane w zrozumienie i funkcjonowanie w naszym otoczeniu zewnętrznym [1]. Ponieważ ogólnie przyjmuje się, że funkcjonowanie poznawcze wymaga wielu procesów mentalnych, ta szersza koncepcja została teoretycznie podzielona na wiele „domen poznawczych” [1]. Chociaż definicje są różne, a granice między domenami często się pokrywają, przykłady odrębnych obszarów funkcjonowania poznawczego obejmują procesy uczenia się i zapamiętywania informacji werbalnych i przestrzennych, zdolności uwagi, szybkości reakcji, rozwiązywania problemów i planowania [2].

Opracowano różne testy neuropsychologiczne jako narzędzia do oceny i kwantyfikacji ogólnego funkcjonowania poznawczego jednostki (lub „globalnego poznania”) wraz z ich wydajnością w oddzielnych domenach poznania [2]. Wydajność w tych różnych testach poznawczych okazała się względnie stabilna w czasie u zdrowych dorosłych i umiarkowanie dokładnych predyktorów funkcjonowania w świecie rzeczywistym i wydajności zawodowej [3,4]. Ponadto testy neuropsychologiczne mogą wykryć deficyty w funkcjonowaniu poznawczym, które powstają w wyniku różnych chorób psychicznych i neurologicznych [5,6]. Na przykład osoby z chorobą Parkinsona wykazują wyraźne upośledzenie w zakresie zadań związanych z planowaniem i pamięcią [7], podczas gdy osoby ze schizofrenią mają wszechobecne deficyty poznawcze, 1–2 standardowe odchylenia poniżej norm dla całej populacji, mogą również przewidywać stopień niepełnosprawności [8]. Ponadto zdolności poznawcze naturalnie zmniejszają się u prawie wszystkich osób podczas zdrowego starzenia się [9]. W starzejącym się społeczeństwie funkcjonalne konsekwencje pogorszenia funkcji poznawczych mogą ostatecznie mieć poważny wpływ społeczny i gospodarczy. Zatem interwencje poprawiające funkcje poznawcze są obiecujące w leczeniu chorób psychiatrycznych i neurologicznych, co ma pozytywny wpływ na zdrowie populacji.

Na szczęście interwencje stymulujące mózg i / lub ciało mogą poprawić funkcje poznawcze lub przynajmniej osłabić ich spadek wraz z wiekiem. Na przykład wykazano, że ćwiczenia fizyczne znacznie poprawiają globalne funkcjonowanie poznawcze, wraz z pamięcią roboczą i procesami uwagi, zarówno w populacjach klinicznych, jak i zdrowych [10-12]. Można również zaprojektować interwencje ukierunkowane bezpośrednio na konkretne funkcje poznawcze, ponieważ stwierdzono, że skomputeryzowane programy treningowe dotyczące pamięci i innych funkcji zapewniają znaczące korzyści poznawcze, przynajmniej w krótkim okresie [13,14]. Ponadto „grywalizacja” programów treningu poznawczego może zmaksymalizować

ich skuteczność kliniczną, ponieważ bardziej złożone i interesujące programy są w stanie lepiej angażować pacjentów w zadania wymagające poznawczo, trenując jednocześnie wiele procesów poznawczych [15].

Poprzednie badania wykazały, że jednoczesne wykonywanie ćwiczeń aerobowych i treningów poznawczych może mieć działanie addytywne, skuteczniej zapobiegając spadkowi poznawczemu związanemu ze starzeniem się [16]. Może to być spowodowane aktywnością tlenową i poznawczą stymulującą neurogenezę poprzez niezależne, ale uzupełniające się ścieżki; ponieważ badania na zwierzętach pokazują, że podczas gdy ćwiczenia stymulują proliferację komórek, zadania edukacyjne wspierają przetrwanie tych nowych komórek [17], tak że połączenie tych dwóch rodzajów treningu skutkuje 30% większą liczbą nowych neuronów niż każde zadanie osobno [18].

W ostatnich latach w prowadzono nowy typ treningu, zamiast aerobiku i treningu poznawczego stosowanych oddzielnie, wykorzystano możliwość połączenia aktywności fizycznej z trudnymi poznawczo zadaniami w jednej sesji poprzez odpowiednio przygotowane gry (gry te określane są czasami terminem „exergames”). Takie interaktywne gry komputerowe wymagają od gracza wykonywania ruchów ciała w celu wykonania określonych zadań lub działań w odpowiedzi na wskazówki wizualne [19]. Typowe przykłady platform sprzętowych to „Nintendo Wii” (wraz z „Wii Fit” lub „Oprogramowanie Wii Sports”) lub „Microsoft Xbox Kinect”. Dodatkowo opracowano systemy rzeczywistości wirtualnej wykorzystujące rowery treningowe i / lub bieżnie jako medium do interakcji graczy z trójwymiarowymi światami, aby zapewnić wciągające doświadczenia treningowe [20].

Wraz z rosnącym popularnym wykorzystaniem systemów bazujących na wspomagających ćwiczenia grach w czasie wolnym i rozrywce, rośnie zainteresowanie ich zastosowania w celu poprawy wyników klinicznych. Ostatnie przeglądy systematyczne i metaanalizy tej rosnącej literatury dostarczyły wstępnych dowodów na to, że gry mogą poprawić różne wyniki zdrowotne [21], w tym zmniejszyć otyłość u dzieci, poprawić równowagę i zmniejszyć czynniki ryzyka u osób starszych, ułatwić rehabilitację funkcjonalną u osób z chorobą Parkinsona, a nawet zmniejszyć depresję [22-24].

W dwóch oddzielnych badaniach, w 2014 i 2017 r., młodzi dorośli w wieku około dwudziestu lat zostali poproszeni o grę w komputerowe gry logiczne i łamigłówki 3D [25]. Ustalenia wykazały, że objętość istoty szarej w hipokampie wzrosła po treningu. Hipokamp jest obszarem mózgu związanym przede wszystkim z pamięcią przestrzenną i epizodyczną, kluczowym elementem długoterminowego zdrowia poznawczego. Zawarta w nim szara substancja działa jak wskaźnik (marker) zaburzeń neurologicznych, w tym łagodnych zaburzeń poznawczych i choroby Alzheimera. Badania te rozszerzono na osoby starsze. Do badań zrekrutowano 33 osoby w wieku od 55 do 75 lat, które zostały losowo przydzielone do trzech oddzielnych grup. Uczestnicy zostali poinstruowani, aby grać w gry komputerowe przez 30 minut dziennie, pięć dni w tygodniu, brać lekcje gry na fortepianie (po raz pierwszy w życiu) z tą samą częstotliwością lub nie

wykonywać żadnego nowego zadania (grupa kontrolna). Eksperyment trwał sześć miesięcy i został przeprowadzony w domach uczestników, w których zainstalowano konsole do gier i fortepiany. Efekty eksperymentu zostały ocenione na podstawie dwóch metod: testów zdolności poznawczych i obrazowania rezonansu magnetycznego (MRI) w celu zmierzenia zmian w objętości istoty szarej. Umożliwiło to obserwowanie aktywności mózgu i wszelkich zmian w trzech obszarach: 1) grzbietowo-boczna kora przedczołowa, która kontroluje planowanie, podejmowanie decyzji i hamowanie; 2) mózdzek, który odgrywa ważną rolę w kontroli motorycznej i równowadze; 3) hipokamp, centrum pamięci przestrzennej i epizodycznej.

Według wyników testu MRI tylko u uczestników grupy grającej w gry komputerowe zauważono wzrost objętości istoty szarej w hipokampie i mózdzku. Poprawiła się także pamięć krótkotrwała tych osób. Testy ujawniły również wzrost istoty szarej w grzbietowo-bocznej korze przedczołowej i mózdzku uczestników, którzy brali lekcje gry na fortepianie, podczas gdy we wszystkich trzech obszarach mózgu wśród pasywnej grupy kontrolnej odnotowano pewien stopień atrofii. Gry trójwymiarowe angażują hipokamp w tworzenie mapy poznawczej lub mentalnej reprezentacji wirtualnego środowiska. Analiza wyników badań sugeruje, że stymulacja hipokampu zwiększa zarówno aktywność funkcjonalną, jak i szarą tkankę w tym regionie [25].

Cel przeprowadzonych prac

Podstawowym celem projektu jest opracowanie rozwiązań wspomagających funkcjonowanie poznawcze pracowników, zwłaszcza pracowników starszych i tych realizujących zadania powiązane z koncepcjami Przemysłu 4.0.

W ramach projektu badane były możliwości zastosowania technik rzeczywistości wirtualnej do intensywnej stymulacji funkcjonowania mózgu pracowników w celu zapobiegania obniżaniu się zasobów poznawczych wraz z wiekiem. W ramach projektu opracowane zostaną innowacyjne metody zwiększania zasobów poznawczych pracowników starszych bazujące na wykorzystaniu koncepcji „grywalizacji” (ang. gamification) czyli zwiększenie zaangażowania osoby biorącej udział w treningu poprzez takie jego prowadzenie aby jak najbardziej przypominał niosącą satysfakcję grę.

Zakres projektu ma charakter interdyscyplinarny gdyż dotyczy zagadnień związanych z funkcjonowaniem poznawczym, technikami rzeczywistości wirtualnej, fizjoprofilaktyką i rehabilitacją ruchową oraz technologiami informacyjno-komunikacyjnymi (ICT – ang. Information and Communication Technologies) poprzez integrację z teleinformatycznym narzędziem do wspomagania zarządzania procesem zdalnej rehabilitacji opracowanym w CIOP-PIB.

Oprócz zdobycia nowej wiedzy dotyczącej czynników, które istotnie wpływają na skuteczność wykorzystania gier realizowanych w technice rzeczywistości wirtualnej do zwiększania zasobów poznawczych pracowników starszych, projekt ma na celu osiągnięcia przede wszystkim innowacji produktowej, czyli zupełnie

nowego produktu łączącego w sobie charakter stymulacji funkcjonowania poznawczego i fizjoprofilatyki z uwzględnieniem telemetrii i zdalnego zarządzania realizowanym w domu procesem zwiększania możliwości poznawczych i fizycznych pracowników starszych.

Projektowane gry są ukierunkowane na nowe wymagania związane z wdrażaniem koncepcji Przemysłu 4.0 (Industry 4.0). Nowoczesne systemy automatyki przemysłowej generują ogromne ilości danych. Wyposażenie każdego elementu zakładu pracy w różne czujniki i zbieranie, a następnie prezentowanie takich danych operatorowi może być przytłaczające. Jest to pierwszy problem z jakim spotykają się pracownicy utrzymania ruchu, czasem podawany jako argument przeciw wdrażaniu idei Przemysłu 4.0. Wszystkich tego typu problemów nie uda się rozwiązać poprzez odpowiednie interfejsy człowiek-maszyna, wbudowane systemy eksperckie lub algorytmy sztucznej inteligencji. Wydaje się konieczne odpowiednie przygotowanie pracowników, tak aby byli w stanie poradzić sobie z wzrostem obciążenia poznawczego w pracy. Cel ten można osiągnąć poprzez odpowiednio zaprojektowane gry bazujących na wysoce immersyjnych technikach rzeczywistości wirtualnej.

Opracowane gry

W ramach projektu zostało opracowanych 9 gier w 3 następujących kategoriach:

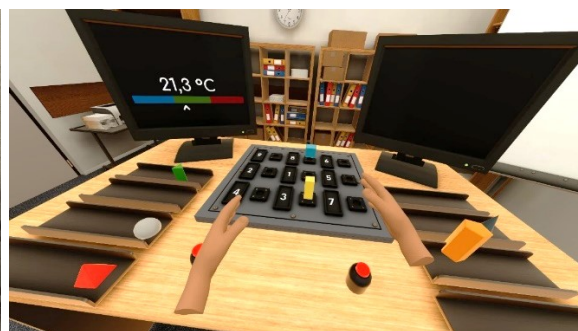
Fizjoprofilaktyka. Opracowane trzy gry opierają się na zastosowaniu technik rzeczywistości wirtualnej do intensywnej stymulacji funkcjonowania mózgu pracowników w celu zapobiegania obniżaniu się zasobów poznawczych wraz z wiekiem. Zastosowane zostały innowacyjne metody zwiększania zasobów poznawczych pracowników starszych bazujące na wykorzystaniu koncepcji „grywalizacji” (ang. gamification) czyli zwiększenie zaangażowania osoby biorącej udział w treningu poprzez takie jego prowadzenia, aby jak najbardziej przypominał niosącą satysfakcję grę.

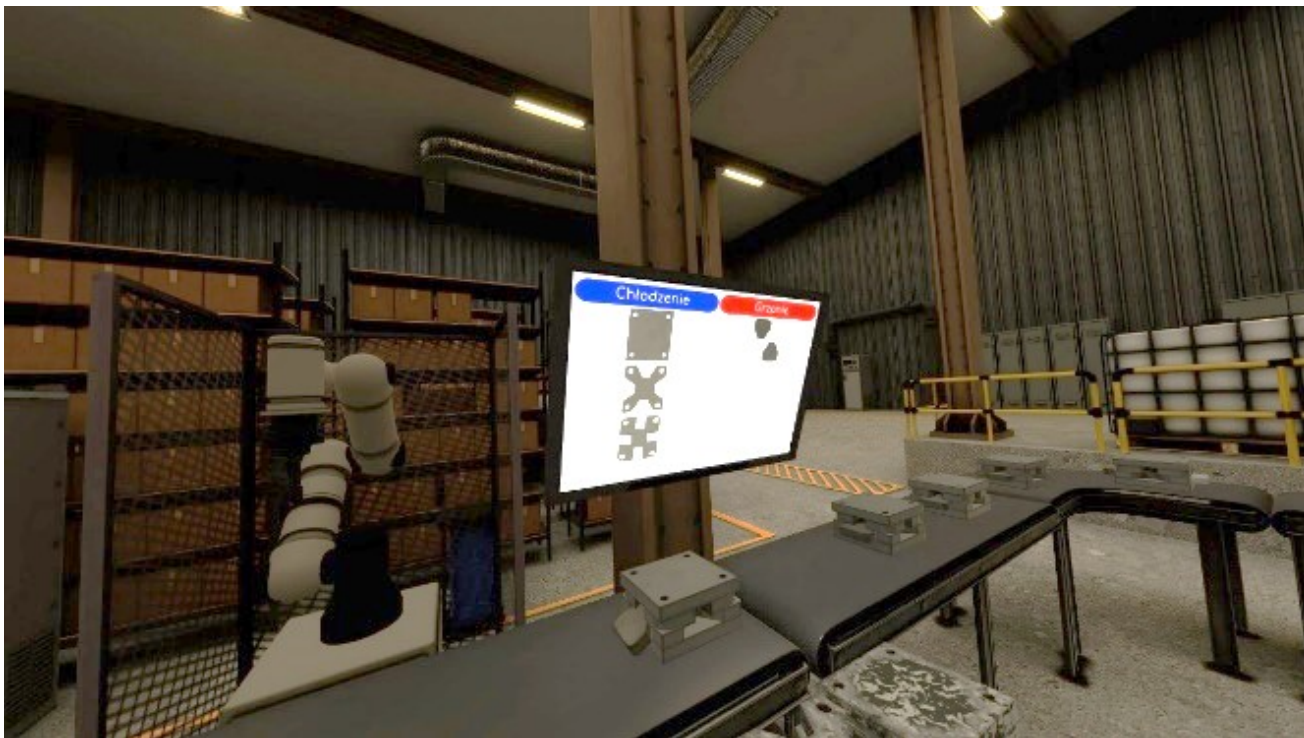
Funkcjonowanie poznawcze. Produktem są trzy gry realizowane z wykorzystaniem rzeczywistości wirtualnej (VR). Opracowane gry mają charakter innowacji produktowej, czyli zupełnie nowego produktu łączącego w sobie charakter stymulacji funkcjonowania poznawczego i fizjoprofilatyki. Scenariusze gier opracowane zostały w oparciu o wykorzystanie koncepcji „grywalizacji” (ang. gamification) czyli zwiększenie zaangażowania osoby biorącej udział w treningu poprzez takie jego prowadzenia, aby jak najbardziej przypominał niosącą satysfakcję grę. Pracownik grając w gry wymagające wykonywania ruchów nie tylko za pomocą kończyn górnych, ale też i całego ciała, musie w trakcie gry szybko reagować na zmieniającą się sytuację, ale również rozwiązywać proste zadania matematyczne lub logiczne. W ten sposób wykorzystano synergię wynikającą z lepszego dotlenienia mózgu w trakcie fizycznego ruchu w połączeniu z stymulacją obszarów mózgu odpowiedzialnych za przetwarzanie pojęć abstrakcyjnych.

Przemysł 4.0. Projektowane gry są ukierunkowane na nowe wymagania związane z wdrażaniem koncepcji Przemysłu 4.0 (Industry 4.0). Nowoczesne systemy automatyki przemysłowej generują ogromne ilości danych. Wyposażenie każdego elementu zakładu pracy w różne czujniki i zbieranie, a następnie prezentowanie takich danych operatorowi może być przytłaczające. Jest to pierwszy problem z jakim spotykają się pracownicy utrzymania ruchu, czasem podawany jako argument przeciw wdrażaniu idei Przemysłu 4.0. Wszystkich tego typu problemów nie uda się rozwiązać poprzez odpowiednie interfejsy człowiek-maszyna, wbudowane systemy eksperckie lub algorytmy sztucznej inteligencji. Wydaje się konieczne odpowiednie przygotowanie pracowników, tak aby byli w stanie poradzić sobie z wzrostem obciążenia poznawczego w pracy. Cel ten można osiągnąć poprzez odpowiednio zaprojektowane gry bazujących na wysoce immersyjnych technikach rzeczywistości wirtualnej.

Na podstawie badań pilotażowych z każdej kategorii wybrano jedną grę do przeprowadzenia badań podłużnych z udziałem ochotników:

1. Wspomaganie fizjoprofilaktyki. Krótki opis gry: konserwacja różnych elementów pod presją czasu w powiązaniu z rozwiązywaniem zadań matematycznych.
2. Wspomaganie funkcjonowania poznawczego. Krótki opis gry: gra wzorowana na zadaniach montażowych realizowanych przy bardzo krótkich seriach produktów wymagająca dobrej pamięci krótkoterminowej (roboczej) oraz umiejętności przetaczania się pomiędzy zadaniami.
3. Gry powiązane z tematyką przemysłu 4.0. Krótki opis gry: współpraca z robotem przemysłowym z uwzględnieniem zadania podwójnego.





Rys. 1. Przykładowe ilustracje środowisk VR gier wybranych do badań (od lewej: gra zorientowana na wspomaganie fizjoprofilaktyki, gra zorientowana na zwiększenie zasobów poznawczych, gra powiązana z tematyką Przemysłu 4.0)

Przebieg badań

Każda z osób biorących udział w badaniu otrzymała na 6 tygodni gogle by mogła ćwiczyć każdego dnia (od poniedziałku do piątku) po ok. 20 minut w daną grę. Przed rozpoczęciem badań i po zakończeniu badań przeprowadzone zostały następujące testy w celu oceny zmian w zakresie funkcjonowania poznawczego.

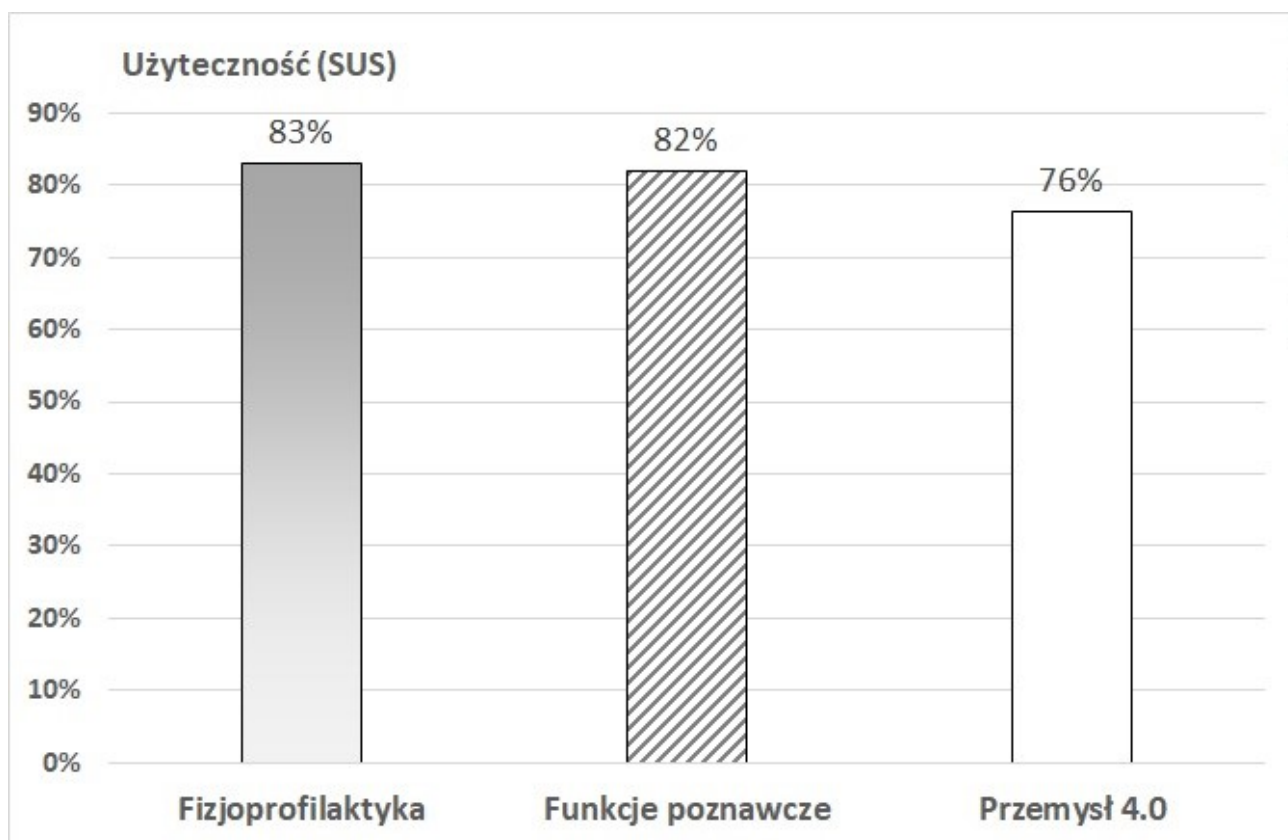
Na zakończenia badania przeprowadzone zostały dodatkowo testy związane z subiektywnie ocenianą użytecznością (SUS – System Usability Scale) oraz akceptacją technologii (TAM – Technology Acceptance Model).

Użyteczność gier i poziom akceptacji technologii

Z punktu widzenia praktycznego wdrożenia opracowanych gier wspomagających funkcjonowanie poznawcze istotne znacznie ma subiektywna ocena użyteczności. Ocenę użyteczności przeprowadzono za pomocą kwestionariusza System Usability Scale (SUS). Na podstawie odpowiedzi na 10 pytań wyznaczana jest subiektywna ocena użyteczności w skali do 0 (minimalna użyteczność) do 100 (maksymalna użyteczność). Uzyskany wynik ilustruje Rys. 2. Uzyskana wartość średnia dla wszystkich gier 80.51 (81% wartości maksymalnej) pokazuje, że system VR został uznany przez użytkowników za użyteczny. Według danych z 206 badań przedstawionych w [26] mediana wartości SUS wynosi 70,91 (użyteczność opracowanej symulacji szkoleniowej jest znacznie wyższa niż dla większości innych systemów). Zgodnie z wynikami badań

przeładowych czwarty kwartał jest w zakresie od 78,51 do 93,93. Uzyskany wynik mieści się w tym zakresie. Według danych przedstawionych w [40] wyższy wynik uzyskano tylko w 12% badań. Wskazuje to, że oceniana przez ekspertów użyteczność opracowanego systemu VR jest bardzo wysoka.

Najwyższy wynik odnotowano dla gier z kategorii fizjoprofilaktyka (83% wartości maksymalnej). Nieznacznie mniejszy wynik odnotowano dla gier z kategorii funkcje poznawcze (82% wartości maksymalnej). Najniższy wynik, zauważalnie odmienny od dwóch pozostałych kategorii, odnotowano dla gier powiązanych z Przemysłem 4.0 (76% wartości maksymalnej). Jednakże jest to nadal wartość stosunkowo duża. Niższa wartość subiektywnej oceny użyteczności dla tej kategorii gier może wynikać z faktu, że ze względu na tempo wdrażania w Polsce koncepcji Przemysłu 4.0 prawdopodobieństwo kontaktu w pracy z robotami współpracującymi jest bardzo małe. Różnice pomiędzy kategoriami gier są istotne statystycznie dla następujących dwóch kategorii: fizjoprofilaktyka i Przemysł 4.0. Po usunięciu punktów odstających wynik wartości p-value dla testu H Kruskala-Wallisa wynosi 0.05.



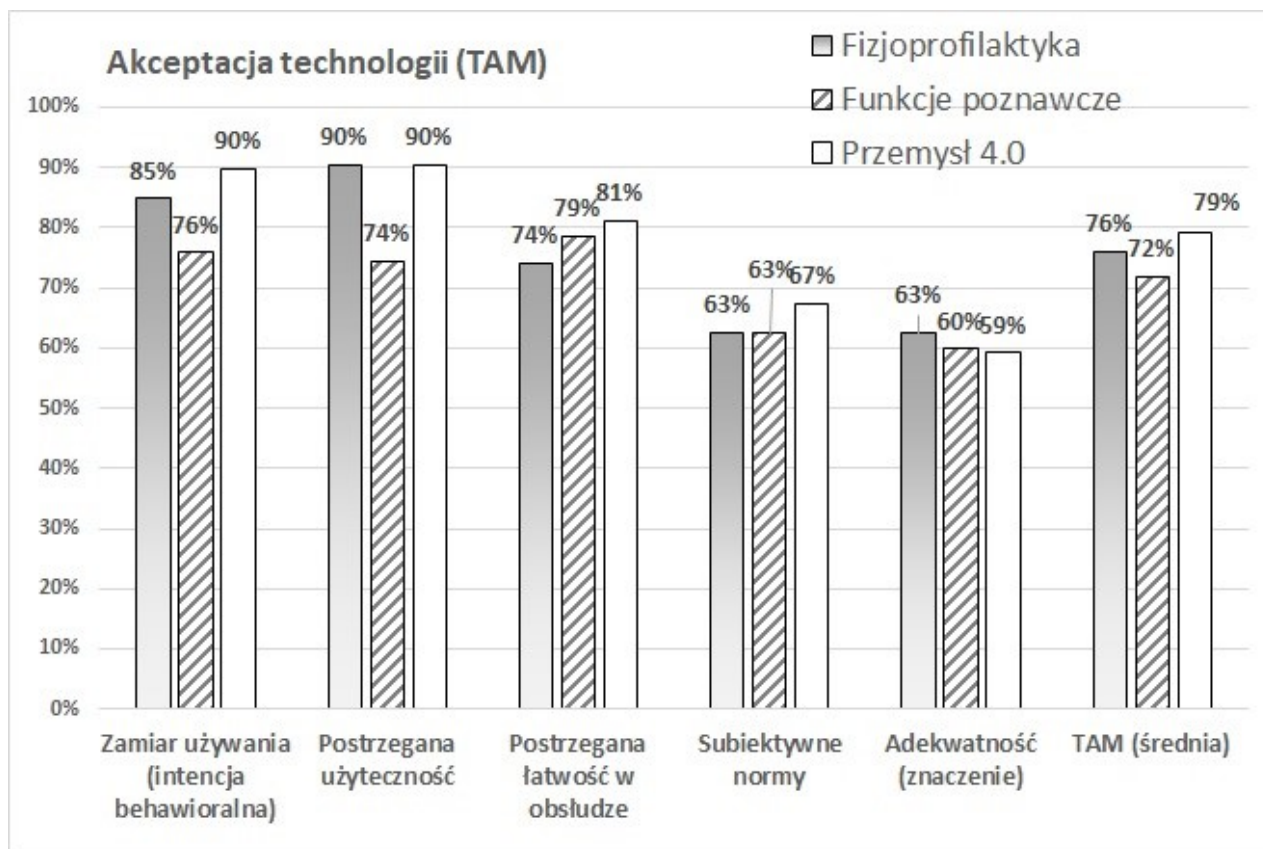
Rys. 2. Wyniki kwestionariusza służącego do pomiaru użyteczności (SUS – System Usability Scale). Na wykresie przedstawiony jest uzyskany wynik jako procent wartości maksymalnej możliwej do uzyskania.

Na możliwości praktycznego wdrożenia wpływa też poziom akceptacji technologii przez użytkowników. Nawet najbardziej zaawansowane technologicznie rozwiązania nie będą przyjęte i chętnie

używane przez końcowych odbiorców jeżeli poziom akceptacji technologii będzie niski. Pomiar poziomu akceptacji technologii zrealizowano za pomocą kwestionariusza Technology Acceptance Model (TAM) składającego się z następujących wskaźników: zamiar używania, postrzegana użyteczność, postrzegana łatwość w obsłudze, subiektywne normy oraz adekwatność. Z punktu widzenia praktycznego wdrożenia największe znaczenie mają pierwsze trzy składowe, zwłaszcza ocena zamiaru używania i ocena subiektywnej użyteczności. Uzyskane wyniki ilustruje Rys. 3. Średnia wartość TAM dla wszystkich gier jest wysoka i wynosi 75% wartości maksymalnej (odpowiedzi są w skali do 7). Najwyższe wartości uzyskano dla składowych najbardziej istotnych z punktu widzenia wdrożenia i przyjęcia produktu przez końcowych użytkowników. W kolejności od największej wartości dla wszystkich gier są to: postrzegana użyteczność (85% wartości maksymalnej), zamiar używania (83% wartości maksymalnej) oraz łatwość w obsłudze (78% wartości maksymalnej). Wynik postrzeganej użyteczności w kontekście akceptacji technologii jest nawet wyższy niż poziom użyteczności za pomocą kwestionariusza SUS.

Uzyskane wyniki wskazują, że wszystkie gry zostały przygotowane w sposób prawidłowy, gdyż akceptacja technologii jest na wysokim poziomie, co powinno ułatwić wdrożenie wśród końcowych użytkowników. Istotny jest zwłaszcza bardzo wysoki wynik dla wskaźników określających zamiar używania i postrzeganą użyteczność (około 85% wartości maksymalnej). Wskazuje to, że końcowi użytkownicy w zdecydowanej większości powinni chętnie korzystać z opracowanych symulacji szkoleniowych VR.

Dla wszystkich trzech najważniejszych składowych akceptacji technologii (tj. zamiar używania, postrzegana użyteczność i postrzegana łatwość w obsłudze) najwyższe wyniki odnotowano dla gry powiązanej z Przemysłem 4.0. Dla dwóch pierwszych wskaźników najniższy wynik odnotowano dla gry związanej z funkcjonowaniem poznawczym, a w trzeciej dla gry powiązanej z fizjoprofilaktyką.



Rys. 3. Wyniki kwestionariusza służącego do pomiaru poziomu akceptacji technologii (TAM – Technology Acceptance Model). Na wykresie przedstawiony jest uzyskany wynik jako procent wartości maksymalnej możliwej do uzyskania.

Wpływ opracowanych gier na poziom zasobów poznawczych

Najważniejszym wynikiem badań podłużnych w projekcie jest określenie zmiany w funkcjonowaniu poznawczym na skutek sześciotygodniowej interwencji z wykorzystaniem gier VR. Poziom zasobów poznawczych mierzono za pomocą testu MoCA, który pozwala na oszacowanie tego poziomu w skali od 0 do 30.

Fizjoprofilaktyka. Wynik testu MoCA dla tej gry po interwencji był lepszy dla 5 osób, taki sam dla jednej i gorszy dla dwóch osób. Wartość średnia wzrosła o 6,2% (z 26,4 do 28). Wynik testu t wynosi $p\text{-value} = 0,09$ (z prawdopodobieństwem 9% obserwowane różnice nie są istotne statystycznie).

Funkcjonowanie poznawcze. Wynik testu MoCA dla tej gry po interwencji był lepszy dla 7 osób i taki sam dla jednej osoby. Wartość średnia wzrosła o 8,2% (z 26 do 28,1). Wynik testu t wynosi $p\text{-value} = 0,006$ (z prawdopodobieństwem 0.6% obserwowane różnice nie są istotne statystycznie).

Przemysł 4.0. Wynik testu MoCA dla tej gry po interwencji był lepszy dla 4 osób, taki sam dla dwóch i niższy dla dwóch osób. Wartość średnia wzrosła o 3,2% (z 27,8 do 28,6). Wynik testu t wynosi $p\text{-value} = 0,12$ (z prawdopodobieństwem 12% obserwowane różnice nie są istotne statystycznie).

W przypadku wszystkich gier interwencja doprowadziła do wzrostu średniej wartości poziomu zasobów poznawczych. Zgodnie z oczekiwaniami największy wzrost bo aż o 8,2% zaobserwowano dla gry skoncentrowanej na funkcjonowanie poznawcze. Dla tej gry wynik testu t jest najniższy (pozytywny efekt interwencji jest przypadkowy z prawdopodobieństwem zaledwie 0,6%). Najmniejszy wzrost wartości średniej po interwencji został zaobserwowany dla gry powiązanej z Przemysłem 4.0.

Wpływ opracowanych gier na pamięć krótkotrwałą

Przeprowadzony został wariant testu pamięci Wechslera w skali od 0 do 54.

Fizjoprofilaktyka. Wynik testu pamięci dla tej gry po interwencji był lepszy dla 6 osób, taki sam dla jednej osoby i gorszy dla jednej osoby. Wartość średnia wzrosła o 11,4% (z 42,9 do 47,8). Wynik testu t wynosi p-value = 0,02 (z prawdopodobieństwem 2% obserwowane różnice nie są istotne statystycznie).

Funkcjonowanie poznawcze. Wynik testu pamięci dla tej gry po interwencji był lepszy dla 7 osób i taki gorszy dla jednej osoby. Wartość średnia wzrosła aż o 21% (z 38,4 do 46,4). Wynik testu t wynosi p-value = 0,005 (z prawdopodobieństwem 0.5% obserwowane różnice nie są istotne statystycznie).

Przemysł 4.0. Wynik testu pamięci dla tej gry po interwencji był lepszy dla 4 osób, taki sam dla 3 i niższy dla jednej osoby. Wartość średnia wzrosła o 3,3% (z 14,25 do 14,6). Wynik testu t wynosi p-value = 0,15 (z prawdopodobieństwem 15% obserwowane różnice nie są istotne statystycznie).

Dla wszystkich typów gier zaobserwowano wzrost wyników pamięci krótkotrwałej. Zgodnie z oczekiwaniami największy wzrost, o ponad 20%, dla gry zorientowanej na zasoby poznawcze.

Podsumowanie

Z punktu widzenia praktycznego wdrożenia opracowanych gier wspomagających funkcjonowanie poznawcze istotne znaczenie ma subiektywna ocena użyteczności. Uzyskana wartość średnia dla wszystkich gier 80.51 (81% wartości maksymalnej) pokazuje, że system VR został uznany przez użytkowników za użyteczny. Najwyższy wynik odnotowano dla gier z kategorii fizjoprofilaktyka (83% wartości maksymalnej). Na możliwości praktycznego wdrożenia wpływa też poziom akceptacji technologii przez użytkowników. Średnia wartość poziomu akceptacji technologii dla wszystkich gier jest wysoka i wynosi 75% wartości maksymalnej. Najwyższe wartości uzyskano dla składowych najbardziej istotnych z punktu widzenia wdrożenia i przyjęcia produktu przez końcowych użytkowników. W kolejności od największej wartości dla wszystkich gier są to: postrzegana użyteczność (85% wartości maksymalnej), zamiar używania (83% wartości maksymalnej) oraz łatwość w obsłudze (78% wartości maksymalnej). Uzyskane wyniki wskazują, że wszystkie gry zostały przygotowane w sposób prawidłowy, gdyż akceptacja technologii jest na wysokim poziomie, co powinno

ułatwić wdrożenie wśród końcowych użytkowników. Istotny jest zwłaszcza bardzo wysoki wynik dla wskaźników określających zamiar używania i postrzeganą użyteczność (około 85% wartości maksymalnej). Wskazuje to, że końcowi użytkownicy w zdecydowanej większości powinni chętnie korzystać z opracowanych symulacji szkoleniowych VR.

Najważniejszym wynikiem badań podłużnych w projekcie jest określenie zmiany w funkcjonowaniu poznawczym na skutek sześciotygodniowej interwencji z wykorzystaniem gier VR. Poziom zasobów poznawczych mierzono za pomocą testu MoCA. W przypadku wszystkich gier interwencja doprowadziła do wzrostu średniej wartości poziomu zasobów poznawczych. Zgodnie z oczekiwaniami największy wzrost bo aż o 8,2% zaobserwowano dla gry skoncentrowanej na funkcjonowanie poznawcze. Dla tej gry wynik testu t jest najniższy (pozytywny efekt interwencji jest przypadkowy z prawdopodobieństwem zaledwie 0,6%). Najmniejszy wzrost wartości średniej po interwencji został zaobserwowany dla gry powiązanej z Przemysłem 4.0.

Dla wszystkich typów gier zaobserwowano wzrost wyników w teście pamięci krótkotrwałej. Zgodnie z oczekiwaniami największy wzrost, o ponad 20%, dla gry zorientowanej na zasoby poznawcze - pozytywny efekt interwencji jest przypadkowy z prawdopodobieństwem zaledwie 0,5%.

Reasumując, opracowane gry są użyteczne, charakteryzują się wysokim poziomem akceptacji technologii i zamiaru używania przez potencjalnych końcowych użytkowników, a co najważniejsze przeprowadzona interwencja doprowadziła do statystycznie istotnej poprawy z zakresie zasobów poznawczych.

Bibliografia

- [1] L.A. Hirschfeld, S.A. Gelman Mapping the Mind: Domain Specificity in Cognition and Culture Cambridge University Press (1994)
- [2] E. Strauss, E.M. Sherman, O. Spreen A compendium of neuropsychological tests: Administration, norms, and commentary Am. Chem. Soc. (2006)
- [3] N. Chaytor, M. Schmitter-Edgecombe The ecological validity of neuropsychological tests: a review of the literature on everyday cognitive skills, *Neuropsychol. Rev.*, 13 (2003), pp. 181-197
- [4] Close J.E. Hunter Cognitive ability, cognitive aptitudes, job knowledge, and job performance, *J. Vocat. Behav.*, 29 (1986), pp. 340-362
- [5] Close P. Mathuranath, P. Nestor, G. Berrios, W. Rakowicz, J. Hodges, A brief cognitive test battery to differentiate Alzheimer's disease and frontotemporal dementia, *Neurology*, 55 (2000), pp. 1613-1620
- [6] K.H. Nuechterlein, D.M. Barch, J.M. Gold, T.E. Goldberg, M.F. Green, R.K. Heaton, Identification of separable cognitive factors in schizophrenia, *Schizophr. Res.*, 72 (2004), pp. 29-39
- [7] B. Dubois, B. Pillon, Cognitive deficits in Parkinson's disease, *J. Neurol.*, 244 (1996), pp. 2-8
- [8] M.F. Green, R.S. Kern, D.L. Braff, J. Mintz, Neurocognitive deficits and functional outcome in schizophrenia: are we measuring the right stuff?, *Schizophr. Bull.*, 26 (1) (2000), pp. 119-136

- [9] S. Van Hooren, A. Valentijn, H. Bosma, R. Ponds, M. Van Boxtel, J. Jolles, Cognitive functioning in healthy older adults aged 64–81: a cohort study into the effects of age, sex, and education, *Ageing Neuropsychol. Cogn.*, 14 (2007), pp. 40-54
- [10] J. Firth, B. Stubbs, S. Rosenbaum, D. Vancampfort, B. Malchow, F. Schuch, R. Elliott, K.H. Nuechterlein, A.R. Yung, Aerobic exercise improves cognitive functioning in people with schizophrenia: a systematic review and meta-analysis, *Schizophr. Bull.* (2016), p. 115
- [11] P.J. Smith, J.A. Blumenthal, B.M. Hoffman, H. Cooper, T.A. Strauman, K. Welsh-Bohmer, J.N. Browndyke, A. Sherwood, Aerobic exercise and neurocognitive performance: a meta-analytic review of randomized controlled trials, *Psychosom. Med.*, 72 (2010), p. 239
- [12] G. Zheng, R. Xia, W. Zhou, J. Tao, L. Chen, Aerobic exercise ameliorates cognitive function in older adults with mild cognitive impairment: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials, *Br. J. Sports Med.*, 50 (2016), pp. 1443-1450
- [13] N.T. Hill, L. Mowszowski, S.L. Naismith, V.L. Chadwick, M. Valenzuela, A. Lampit, Computerized cognitive training in older adults with mild cognitive impairment or dementia: a systematic review and Meta-Analysis, *Am. J. Psychiatry*, 174 (94) (2017), pp. 329-334
- [14] M. Melby-Lervåg, C. Hulme, Is working memory training effective? A meta-analytic review, *Dev. Psychol.*, 49 (2013), p. 270
- [15] Anguera, J. „Video game training enhances cognitive control in older adults”, *Nature* (2013)
- [16] E. Shatil, Does combined cognitive training and physical activity training enhance cognitive abilities more than either alone? A four-condition randomized controlled trial among healthy older adults, *Front. Ageing Neurosci.*, 5 (2013), p. 8
- [17] G. Kempermann, K. Fabel, D. Ehninger, H. Babu, P. Leal-Galicia, A. Garthe, S. Wolf, Why and how physical activity promotes experience-induced brain plasticity, *Front. Neurosci.*, 4 (2010), p. 189
- [18] K. Fabel, S. Wolf, D. Ehninger, H. Babu, P. Galicia, G. Kempermann, Additive effects of physical exercise and environmental enrichment on adult hippocampal neurogenesis in mice, *Front. Neurosci.*, 3 (2009), p. 2
- [19] Y. Oh, S. Yang, Defining exergames and exergaming, *Proceedings of Meaningful Play* (2010), pp. 1-17
- [20] J. Sinclair, P. Hingston, M. Masek, Considerations for the design of exergames, *Proceedings of the 5th international conference on Computer graphics and interactive techniques in Australia and Southeast Asia, ACM* (2007), pp. 289-295
- [21] Emma Stanmore, Brendon Stubbs, Davy Vancampfort, Eling D. de Bruin, Joseph Firth, The effect of active video games on cognitive functioning in clinical and non-clinical populations: A meta-analysis of randomized controlled trials, *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, Volume 78, 2017, Pages 34-43, ISSN 0149-7634, <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.04.011>
- [22] G. Barry, B. Galna, L. Rochester, The role of exergaming in Parkinson's disease rehabilitation: a systematic review of the evidence, *J. Neuroeng. Rehabil.*, 11 (1) (2014)
- [23] J. Li, Y.-L. Theng, S. Foo, Effect of exergames on depression: a systematic review and meta-analysis, *Cyberpsychol. Behav. Soc. Networking*, 19 (2016), pp. 34-42
- [24] J. van't Riet, R. Crutzen, A.S. Lu, How effective are active videogames among the young and the old? Adding meta-analyses to two recent systematic reviews, *Games Health: Res. Dev. Clin. Appl.*, 3 (2014), pp. 311-318
- [25] Greg L. West, Benjamin Rich Zendel, Kyoko Konishi, Jessica Benady-Chorney, Veronique D. Bohbot, Isabelle Peretz, Sylvie Belleville. *Playing Super*
- [26] Bangor, A., Kortum, P. T., & Miller, J. T. (2008). An Empirical Evaluation of the System Usability Scale. *International Journal Of Human-Computer Interaction*, 24(6), 574-594. doi:10.1080/10447310802205776 Mario 64 increases hippocampal grey matter in older adults. *PLOS ONE*, 2017; 12 (12): e0187779 DOI: 10.1371/journal.pone.0187779