

Szkolenia wirtualne w kontekście funkcjonowania poznawczego i przemysłu 4.0

Virtual training within the context of cognitive functioning and industry 4.0

Keywords: retraining the elderly, cognitive skills, virtual reality, Industry 4.0.

Abstract. Technological progress means that employees have to adapt to new requirements. Along with the development of new IT tools, we are observing the fourth industrial revolution, i.e. the implementation of Industry 4.0. The factory workers of the future face new kinds of tasks. Changes in the demographic structure clearly indicate that the average age of an employee will increase. For this reason, tools that support employees, especially older employees, in terms of cognitive skills and adaptation to the requirements of Industry 4.0 will be necessary. The article presents an example of such a tool in the form of virtual reality training.

Słowa kluczowe: doszkalanie osób starszych, funkcjonowanie poznawcze, rzeczywistość wirtualna, Przemysł 4.0

Streszczenie: Postęp technologiczny sprawia, że pracownicy muszą się dostosować do nowych wymagań. Wraz z rozwojem nowych narzędzi informatycznych obserwujemy czwartą rewolucję przemysłową, czyli wdrażanie Przemysłu 4.0. Pracowników fabryk przyszłości czekają nowe rodzaje zadań. Zmiany w strukturze demograficznej wyraźnie wskazują, że średni wiek pracownika będzie rósł. Z tego względu narzędzia, które wspomagają pracowników, zwłaszcza pracowników starszych, w zakresie zdolności poznawczych oraz adaptacji do wymagań Przemysłu 4.0 będą niezbędne. W artykule przedstawiony jest przykład takiego narzędzia w postaci treningów w rzeczywistości wirtualnej.

Przemysł 4.0

W ostatnich latach wiele mówi się o tak zwanej czwartej (po mechanizacji, elektryfikacji i automatyzacji) rewolucji przemysłowej. Istnieje kilka „technologii wspomagających”, które mają zrewolucjonizować przemysł produkcyjny [1, 2]. Technologie te powinny pomóc fabrykom przyszłości sprostać zmieniającemu się popytowi na rynku i rosnącej zmienności zapotrzebowania końcowych użytkowników (doskonałym przykładem jest produkcja respiratorów przez przemysł motoryzacyjny). Dlatego przewiduje się, że fabryki przyszłości będą „inteligentnymi”, zautomatyzowanymi fabrykami, w których maszyny, produkty, narzędzia, pracownicy, a nawet klienci są połączeni z cyberfizycznymi systemami produkcyjnymi (CPPS) [3, 4]. Te połączone podsystemy

współpracują ze sobą, wymieniając informacje i dane oraz dążą do uzyskania maksymalnej wartości na każdym etapie procesu wytwarzania produktu. Obecnie najważniejszymi czynnikami napędzającymi zmiany są technologie takie jak: przetwarzanie w chmurze (*cloud computing*), przetwarzanie dużych ilości danych (*big-data*), Internet rzeczy (systemy wbudowane, czujniki itp.), współdzielenie zasobów i realizacja zadań w sposób rozproszony, inteligentna automatyzacja zadań (robotyka, sztuczna inteligencja itp.) oraz zaawansowana produkcja (Przemysł 4.0, druk 3D itp.) [1, 5]. W przypadku pracowników zmiany te prowadzą do coraz większej złożoności wykonywanej przez nich pracy, m.in. dlatego, że ilość informacji, które należy brać pod uwagę w procesie produkcyjnym, stale rośnie. Zakłada się również, że przyszłe procesy produkcyjne będą składały się z wielu małych znormalizowanych etapów, które można łączyć na różne sposoby w celu uzyskania różnych wariantów produktu [3]. To z kolei prowadzi do większej złożoności pracy i rosnącego zapotrzebowania na informacje dla pracowników. Tę potrzebę można realizować poprzez użycie odpowiednich środków rozwoju organizacji, ciągłego szkolenia zawodowego pracowników oraz zastosowanie wspomagających technologii informacyjnych i komunikacyjnych (TIK). Wprowadzenie takich systemów teleinformatycznych na liniach produkcyjnych może pomóc pracownikom i umożliwić ludziom odgrywanie centralnej roli w fabrykach przyszłości [6]. Jednocześnie sam pracownik musi posiadać szerszy zestaw umiejętności, aby poradzić sobie z rosnącą złożonością procesów wytwarzania i rosnącymi wymaganiami w zakresie dysponowania interdyscyplinarną wiedzą.

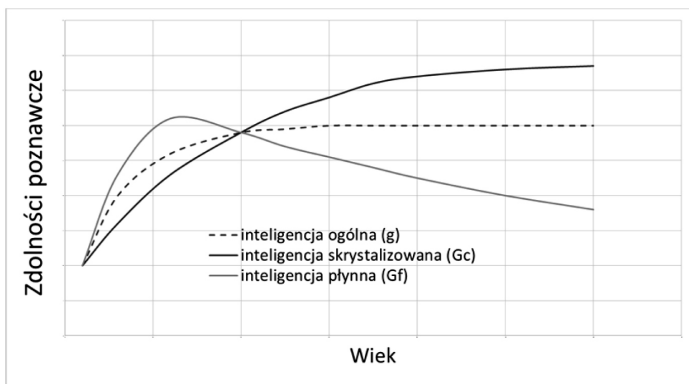
Wyzwania dla Przemysłu 4.0 związane z zmianami demograficznymi

Wyniki badań dotyczących umiejętności i zdolności potrzebnych do wdrożenia Przemysłu 4.0 [7] wskazują, że najważniejsze są następujące umiejętności: gotowość do uczenia się przez całe życie (86%), interdyscyplinarne myślenie i działanie (77%), kompetencje informatyczne (76%), zdolność do stałej wymiany danych z maszynami i systemami sieciowymi (75%), umiejętność rozwiązywania problemów i optymalizacji (75%), kontrola coraz bardziej złożonych procesów pracy (71%), umiejętności pracy z ludźmi o różnym zakresie obowiązków (65%), projektowanie procesów innowacyjnych (61%), koordynacja przydzielania zadań (60%), samodzielne podejmowanie decyzji (53%), a także zwiększone umiejętności społeczne (43%). Z drugiej strony wysokie zdolności fizyczne, takie jak siła lub doskonałe zdolności motoryczne, nie są postrzegane jako kluczowe umiejętności dla przyszłej pracy w fabrykach przyszłości [5]. Wyniki badań [7] wskazują, że wiele ważnych umiejętności starszych pracowników jest ocenianych bardzo wysoko. Szczególnie niezależne podejmowanie decyzji w złożonych sytuacjach (78%), znajomość systemu i rozumienie procesów produkcji (73%), umiejętności pracy zespołowej (69%), interdyscyplinarne myślenie i działanie (67%), umiejętności rozwiązywania problemów i koordynacja (65%) są postrzegane jako mocne strony tej grupy pracowni-

ków [7]. Jednocześnie problemy i zapotrzebowanie na pomoc mogą wynikać z niżej ocenianych kategorii, takich jak kompetencje informatyczne, interakcja i wymiana z nowymi technologiami, uczestnictwo w innowacjach i uczenie się przez całe życie. Ponieważ osoby starsze mają wiele umiejętności potrzebnych w Przemysle 4.0 – może nawet na wyższym poziomie niż młodsze – bardzo ważne jest zapewnienie im odpowiedniego środowiska pracy, w którym mogą wykonywać swoje obowiązki, oraz wspierać ich w zakresie tych kompetencji, gdzie widoczne są niedostatki (np. w zakresie funkcjonowania poznawczego).

Zmiany funkcjonowania poznawczego z wiekiem

Funkcjonowanie poznawcze odnosi się do wielu zdolności umysłowych, w tym uczenia się, myślenia, rozumowania, zapamiętywania, rozwiązywania problemów, podejmowania decyzji i uwagi. Dominującym podejściem do pomiaru i konceptualizacji funkcjonowania poznawczego w psychologii rozwojowej życia jest podejście psychometryczne, które powstało z wysiłków zmierzających do zdefiniowania, zmierzenia i kwantyfikacji zdolności poznawczych przy użyciu najbardziej podstawowych konstruktów umiejętności, takich jak inteligencja ogólna (g), płynna inteligencja (Gf) i inteligencja skryształizowana (Gc) [8]. Inteligencja ogólna (g) wyprowadzona jest z jednego wspólnego czynnika leżącego u podstaw wszystkich zdolności poznawczych. Płynne zdolności poznawcze (Gf) odnoszą się do rozumowania lub myślenia, prędkości przetwarzania i umiejętności rozwiązywania problemów w nowych sytuacjach, niezależnie od nabytej wiedzy. Skryształizowane zdolności poznawcze (Gc) odnoszą się do „zdobytej wiedzy”, która obejmuje gromadzenie życiowej wiedzy intelektualnej i osiągnięć. Gc jest często mierzona umiejętnościami, takimi jak wiedza i słownictwo. Metoda psychometryczna polega na stosowaniu z odpowiednio dobranymi wagami wielu różnych testów wydajności poznawczej. Takie podejście miało silny wpływ na stosowane badania psychologiczne [8].



Rys. 1. Zmiany w funkcjonowaniu poznawczym (inteligencji) w funkcji wieku. Opracowanie własne na podstawie danych przedstawionych w [8]

Wcześniejsze badania zidentyfikowały wyraźne trajektorie wewnątrzsobnicze w ciągu życia dla różnych zdolności poznawczych, w tym istotne różnice w życiu zawodowym [9]. W szczególności Gf osiąga szczyt we wczesnej dorosłości (około 20 lat), a następnie maleje przez pozostałą część życia (co obejmuje czas, w którym ludzie pracują [10]). Odmienne są zmiany Gc, która zwykle zwiększa się w ciągu życia z powodu zdobywania nowej wiedzy i doświadczenia. Gc ma mniejsze szanse na spadek aż do znacznie późniejszego wieku i zwykle po przejściu na emeryturę. Uważa się, że wzrost Gc z wiekiem rekompensuje straty Gf i może przyczyniać się do ogólnej stabilności (lub nawet nieznacznego wzrostu) wydajności pracy w miarę starzenia się ludzi [8]. Typową zależność Gf i Gc u ludzi od wieku przedstawia rysunek 1. Podczas badania zdolności poznawczych ważne jest, aby sprecyzować, które zdolności poznawcze są badane, biorąc pod uwagę, że nie ma jednego wzorca funkcjonowania intelektualnego na przestrzeni wieku we wszystkich zdolnościach [50]. Związane z wiekiem zmiany w funkcjonowaniu poznawczym są bardziej prawdopodobne, że zostaną zamaskowane przy użyciu bardziej ogólnych miar (takich jak g) w porównaniu z użyciem bardziej specyficznych umiejętności.

Wpływ gier na funkcjonowanie poznawcze

Funkcjonowanie poznawcze można szeroko zdefiniować jako działania mózgu zaangażowane w zrozumienie i funkcjonowanie w naszym otoczeniu zewnętrznym [11]. Ponieważ ogólnie przyjmuje się, że funkcjonowanie poznawcze wymaga wielu procesów mentalnych, ta szersza koncepcja została teoretycznie podzielona na wiele „domen poznawczych” [11]. 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 [12].

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 [12]. 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 [13, 14]. Ponadto testy neuropsychologiczne mogą wykryć deficyty w funkcjonowaniu poznawczym, które powstają w wyniku różnych chorób psychicznych i neurologicznych [15, 16]. Na przykład osoby z chorobą Parkinsona wykazują wyraźne upośledzenie w zakresie zadań związanych z planowaniem i pamięcią [17], podczas gdy osoby ze schizofrenią mają wszechobecne deficyty poznawcze, 1–2 standardowe odchylenia poniżej norm dla całej populacji mogą również przewidywać stopień niepełnosprawności [18]. Ponadto zdolności poznawcze naturalnie zmniejszają się u prawie wszystkich osób podczas zdrowego sta-

rzenia się [19]. 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 [20–22]. 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 [23, 24]. 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 [25].

Poprzednie badania wykazały, że jednoczesne wykonywanie ćwiczeń aerobowych i treningów poznawczych może mieć działanie addytywne, skuteczniej zapobiegając spadkowi poznawczemu związanemu ze starzeniem się [26]. 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 [27], tak że połączenie tych dwóch rodzajów treningu skutkuje 30% większą liczbą nowych neuronów niż każde zadanie osobno [28].

W ostatnich latach wprowadzono 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 [29]. 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 [30].

Wraz z rosnącym popularnym wykorzystaniem systemów bazujących na wspomagających ćwiczenia graczy w czasie wolnym i rozrywek rośnie zainteresowa-

nie ich zastosowaniem 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 [31], 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 [32–34].

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 łamigłówek 3D [35]. 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 [35].

Testowanie zasobów poznawczych

W badaniach naukowych i do diagnostyki używanych jest wiele różnych testów, które mogą być ukierunkowane na pojedyncze zdolności poznawcze, takie jak pa-

mięć krótkoterminowa, lub obejmują wiele różnych zagadnień. Przykładem tego drugiego typu testów jest zestaw testów neuropsychologicznych Halstead-Reitan [36] lub Krótka Skala Oceny Stanu Umysłowego (*Mini Mental State Examination* – MMSE) [99]. MMSE jest krótką, 30-zadaniową skalą badającą upośledzenie funkcji poznawczych. Bada funkcjonowanie pamięci, orientacji oraz rozwiązywanie zadań arytmetycznych. Jest powszechnie używana w badaniach przesiewowych demencji jako wyniku procesu starzenia się poznawczego. Wyniki powyżej 27 (na 30 możliwych) oznaczają dobre funkcjonowanie poznawcze. Z tego względu wykorzystanie tego testu nie jest wskazane wśród osób zdrowych, gdyż charakteryzuje się zbyt małą czułością wykrywania zmian. Przykładem kompleksowego testu, dla którego ten problem nie występuje, jest test o nazwie Montreal Cognitive Assessment (MoCA) [37]. Ostateczna wersja MoCA (dostępna na stronie www.mocatest.org) to jednostronicowy 30-punktowy test przeprowadzany w 10 minut. Szczegóły dotyczące poszczególnych pozycji MoCA są następujące. Zadanie dotyczące pamięci krótkoterminowej (5 punktów) obejmuje dwie próby uczenia się z pięciu rzeczowników i opóźnione ich przypomnienie po około 5 minutach. Zdolności wzrokowo-przestrzenne ocenia się za pomocą zadania rysowania zegara (3 punkty) i trójwymiarowej kopii sześcianu (1 punkt). Wiele aspektów funkcji wykonawczych ocenia się za pomocą zadania naprzemiennego dostosowanego do zadania Trail Making B (1 punkt), zadania płynności fonemicznej (1 punkt) i dwupunktowego zadania abstrakcyjno-werbalnego (2 punkty). Uwaga, koncentracja i pamięć robocza są oceniane przy użyciu zadania ciągłej uwagi (wykrywanie celu za pomocą stukania; 1 punkt), zadania odejmowania szeregowego (3 punkty) oraz podawania cyfr w kolejności do przodu i do tyłu (po 1 punkcie). Język jest oceniany za pomocą trzypunktowego zadania ze zwierzętami o niskiej znajomości (lwa, wielbłąda, nosorożca; 3 punkty), powtórzenia dwóch złożonych syntaktycznie zdań (2 punkty) oraz wspomnianego wcześniej zadania płynności. Na koniec ocenia się orientację dotyczącą czasu i miejsca (6 punktów). Tego typu test powinien być uzupełniony jeszcze o test czuły na zmiany pamięci roboczej (krótkoterminowej), taki jak np. test Pamięci Wechslera [38].

Przykładowe gry zrealizowane w rzeczywistości wirtualnej

W CIOP – PIB przygotowano 9 gier, po trzy w każdej z kategorii (przykładowe gry z każdej gry są przedstawione w podrozdziałach). Gry zostaną wykorzystane do określenia czynników szczególnie istotnie wpływających na zmianę w zakresie funkcjonowania poznawczego. Badania będą miały charakter badań podłużnych trwających 4 tygodnie. Ze względu na ograniczenia w liczbie posiadanych zestawów VR badania będą prowadzone równoległe z udziałem 10 osób jednocześnie. Po przeprowadzeniu trzech sesji badaniach (każda z innym ochotnikami i inną grą) i wstępnej analizie wyników zostanie podjęta decyzja, czy konieczne będzie uzupełnienie badań w którejś z grup.

Każda z osób biorących udział w badaniu otrzyma na 4 tygodnie gogle, by mogła ćwiczyć każdego dnia po ok. 30 minut w daną grę. Przed rozpoczęciem badań, a także po każdym zakończonym tygodniu (w tym na zakończenie badań) przeprowadzone zostaną testy w celu oceny zmian w zakresie funkcjonowania poznawczego, wstępnie planowane jest zastosowanie następujących testów (lista testów może ulec zmianie po badaniach pilotażowych): Montreal Cognitive Assessment (MoCA) i Test Pamięci Wechslera. Przed każdym treningiem wypełniany będzie kwestionariusz związany z pomiarem poziomu objawów tzw. choroby symulatorowej (SSQ – *Simulator Sickness Questionnaire*). Natomiast po treningu wypełniany będzie ponownie ten kwestionariusz – w celu oceny habituacji związanej z stałym kontaktem z rzeczywistością wirtualną. Kolejnym kwestionariuszem wypełnianym po treningu będzie narzędzie do pomiaru obciążenia fizycznego i psychicznego oraz efektywności NASA-TLX (*Task Load Index*). Na zakończenia badania przeprowadzone zostaną dodatkowo testy związane z subiektywnie ocenianą użytecznością (SUS – *System Usability Scale*) oraz akceptacją technologii (TAM – *Technology Acceptance Model*).



Rys. 2. Środowisko wirtualne gry

Scenariusz gry zorientowanej na fizjoprofilaktykę

Ogólna sprawność, wykorzystanie kończyn górnych. Opis gry: gracz steruje pojazdem typu UAV, który musi omijać przeszkody oraz inne pojazdy wewnątrz uproszczonego modelu fabryki. Zadaniem gracza jest unieszkodliwienie źródeł pożaru za pośrednictwem kilku typów gaśnic (dysza emitująca środek gaśniczy znajduje się z przodu UAV), unieszkodliwienie pożarów na podłodze za pomocą wody (woda jest wylewana w dół z zbiornika). Dodatkowym utrudnieniem jest konieczność uzupełniania wody oraz środka gaśniczego. Gracz musi tak planować trajektorię ruchu

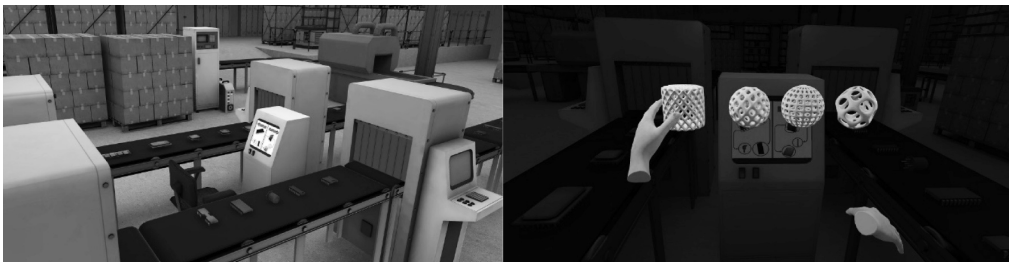
pojazdu, aby minimalizować długość trasy lotu pojazdu oraz częstość uzupełniania środka gaśniczego i wody. Gracz musi cały czas kontrolować wskaźniki dostępnej ilości środka gaśniczego i wody.

Źródła pożarów mają zróżnicowane przyczyny ich powstania i wymagają stosowania różnych typów środków gaśniczych. Liczba typów pożarów rośnie wraz z wzrostem poziomu trudności gry, co dodatkowo stymuluje wykorzystanie pamięci podręcznej (krótkoterminowej), gdyż etykiety przyporządkowujące typ środka gaśniczego do typu źródła pożaru będą generowane losowo na początku gry. Instrukcja z listą przyporządkowania środka gaśniczego do typu pożaru będzie dostępna tylko w jednym miejscu fabryki, tzn. gracz będzie musiał jak najlepiej zapamiętać te informacje, by uniknąć częstych powrotów do tego miejsca w fabryce.

Scenariusz gry zorientowanej na zwiększanie zasobów poznawczych

Uwaga selektywna. Środowisko gry wzorowane jest na kontroli jakości w trakcie produkcji. Gracz znajduje się pomiędzy dwoma taśmociągami, natomiast przed sobą ma ekran, na którym wyświetlane są informacje wzorcowe o produkcie. Na taśmociągach przewożone są różne produkty w grupach, jeden z nich może nie pasować do wzorca. Zadaniem gracza jest dotknięcie go, gdy przejeżdża przy nim na taśmie – dotknięcie obiektu, który odpowiada wzorcowi traktowane jest jako błąd, pominięcie produktu z defektem również jest traktowane jako błąd. Po dotknięciu produktu z defektem spowalniany jest upływ czasu (ruch taśmociągu jest wolniejszy), a następnie włącza się minigra. Tło jest wyciemnione, a na pierwszym planie pojawiają się abstrakcyjne obiekty zawieszony w przestrzeni. Zadaniem gracza jest jak najszybsze wskazanie tych obiektów, które różnią się od większości np. kolorem lub kształtem.

Poziom trudności gry można regulować poprzez zmianę: prędkości ruchu taśmociągów, liczby obiektów abstrakcyjnych w czasie minigry, stopniem wyrazistości różnic pomiędzy obiektami.



Rys. 3. Środowisko wirtualne przykładowej gry związanej z rozwijaniem uwagi selektywnej: zadanie główne oraz przykładowa minigra

Scenariuszy gry uwzględniający wymagania kompetencyjne do realizacji zadań w przedsiębiorstwach Przemysłu 4.0

Gra dotyczy współpracy z robotem przemysłowym z uwzględnieniem zadania podwójnego.

Paradygmat Przemysłu 4.0 stwarza nowe wyzwania dla pracowników, którzy muszą aktywnie współpracować z robotami w połączonym środowisku. Korzystanie z robotów współpracujących z pewnością ma wiele zalet, ponieważ maszyny te zapewniają bardziej wydajne systemy produkcji, wspierając pracowników w zadaniach fizycznych i (w ograniczonym zakresie) poznawczych. Z drugiej strony interakcja człowiek–robot może również wiązać się z pewnym ryzykiem, jeśli czynniki ludzkie nie zostaną dobrze przemyślane w trakcie całego procesu. Co więcej, staje się jasne, że rola, jaką ludzie odgrywali do tej pory w środowisku produkcyjnym, szybko się zmienia. Pracownicy ludzcy będą musieli dostosować się do tych nowych systemów, zdobywając i doskonaląc zestaw umiejętności, które do pewnego czasu były zaniedbywane.

Gra dotyczy montażu komponentów końcowego produktu z udziałem robota współpracującego wspomagającego przy łączeniu komponentów (uproszczona forma takich zadań jak zgrzewanie, lutowanie i skręcanie) oraz nanoszeniu na kolejne komponenty małych elementów (symulacja prac wykonywanych przez roboty takich jak wlotowywanie drobnych układów elektronicznych).

Przy stanowisku montażowym znajdują się punkty odstawcze, gdzie należy położyć gotowy produkt – na zbudowanie każdego takiego produktu jest ograniczony czas. Nad każdym takim punktem znajduje się ekran (monitor) wyświetlający informacje o tym, z jakich komponentów ma składać się gotowy produkt (jest ich kilka rodzajów). Część komponentów może być użyta bez dodatkowego przygotowania, ale część z nich musi zostać poddana dodatkowej obróbce, termicznej lub czyszczenia. Gracz ma do dyspozycji trzy pola grzewcze, trzy pola schładzające i trzy pola, na których realizowana jest procedura czyszczenia powierzchni. Dana część może być poprawnie zainstalowana, jeżeli zostanie dostatecznie podgrzana, dostatecznie schłodzona lub dostatecznie oczyszczona – gotowość do instalacji jest sygnalizowana poprzez zmianę wyglądu części. Dodatkowym utrudnieniem jest możliwość uszkodzenia części, jeżeli będzie poddawana zbyt długo obróbce, wówczas część ta musi zostać wyrzucona (np. zdjęta z pola grzewczego i wyrzucona). Uszkodzenie części jest sygnalizowane zmianą wyglądu, ponadto tuż przed uszkodzeniem części również zmieniany jest nieznacznie wygląd, aby pokazać graczowi, że ma niewiele czasu na wykorzystanie tej części. Zadaniem gracza jest układanie przed robotem kolejnych komponentów, po nałożeniu komponentu robot wykonuje jej montaż z poprzednią warstwą i/lub nanoszenie dodatkowych elementów. Jeżeli dany komponent nie został odpowiednio przygotowany (np. jest zbyt zimny lub już został uszkodzony poprzez przegrzanie) próba integracji przez robota kończy się zniszczeniem całości, a pracę nad danym produktem trzeba za-

część od początku. Gotowy produkt trzeba odłożyć na odpowiednie pole odstawcze. Odłożenie produktu na niewłaściwe pole jest traktowane jako błąd. Za przygotowanie produktu w odpowiednim czasie gracz dostaje liczbę punktów zależną od stopnia złożoności produktu (liczby warstw, w tym liczby warstw wymagających obróbki). Zadaniem podstawowym jest współpraca z robotem (montaż produktu), natomiast zadaniem dodatkowym jest monitorowanie stanu komponentów przygotowywanych do montażu.

Poziom trudności gry można regulować poprzez zmianę: liczby aktywnych pól odstawczych, czasu niezbędnego na wykonanie produktu, stopnia złożoności produktu (liczba warstw), czasu niezbędnego na przygotowanie komponentu (np. podgrzanie do odpowiedniej temperatury), czasu, po którym następuje uszkodzenie komponentu (np. jego przegrzanie).



Rys. 4. Środowisko wirtualne przykładowej gry związanej z współpracą z robotem przemysłowym

Podsumowanie

Projektowane gry będą 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 zaprojektowanie gier bazujących na wysoce immersyjnych technikach rzeczywistości wirtualnej.

W chwili obecnej (jak również w najbliższej przyszłości) ludzkiej kreatywności oraz umiejętności szybkiego dostosowywania się i elastyczności nie da się zastąpić robotami, m.in. dlatego, że roboty są lepsze jedynie w innego typu zadaniach, takich jak wyszukiwanie danego wzorca w dużej bazie danych [39]. W związku z tym ludzie będą pełnić funkcje kierownicze i nadzorcze w hali produkcyjnej, ponieważ nadal mają większą zdolność rozumowania i podejmowania decyzji, których nie można jeszcze w pełni zastąpić autonomicznymi systemami [39, 40]. Rola pracowników ludzkich będzie się głównie koncentrować na kompensacji ograniczeń technologicznych i będzie działać jako decydent w zakresie lepszego planowania i kontroli produkcji przy wsparciu zaawansowanych systemów [41, 42]. Zarządzanie dużą ilością informacji i danych, wraz z interakcją ze złożonymi maszynami i systemami, będzie podstawowym elementem przyszłych zadań roboczych [32]. Przykłady zadań mogą obejmować obserwację i regulację wysoce zautomatyzowanych złożonych procesów oraz nadzór i wydajne stosowanie maszyn.

Środowisko Przemysłu 4.0 będzie wymagało różnych umiejętności i kompetencji pracowników w hali produkcyjnej, ponieważ operacje i zadania danego procesu produkcyjnego będą znacznie różnić się od dotychczasowych [39]. Środowiska te będą obejmować bardzo złożone, połączone i zautomatyzowane systemy, które będą wymagały innego poziomu kwalifikacji osobistych [39]. Ten nowy paradygmat wymusi nowy rodzaj relacji między ludźmi a maszynami, usprawniając współpracę. W związku z tym niezbędne jest określenie i zaplanowanie najważniejszych umiejętności zawodowych, które umożliwią pracownikom radzenie sobie z zaawansowanymi technologiami wytwarzania [43]. Kompetencje takie jak rozpoznawanie roli elementów w systemie produkcyjnym, rozumienie funkcji i relacji w systemie oraz przewidywanie zachowania systemu produkcji, staną się podstawowymi kwalifikacjami dla pracowników przemysłowych w Przemysle 4.0 [39].

Aby rozwijać się w erze Przemysłu 4.0, pracownicy będą musieli zdobyć szeroki zakres konkretnych umiejętności i będą musieli połączyć konwencjonalną wiedzę specjalistyczną związaną z zadaniami z umiejętnościami obsługi komputera [44,45]. Ludzie powinni rozwijać umiejętności w zakresie projektowania, użytkowania i nadzorowania inteligentnych maszyn, które będą w stanie pomóc ludziom w wykonywaniu zadań [43]. W pracy [39] zasugerowano zestaw umiejętności i kwalifikacji, które powinni posiadać pracownicy firm wdrażających koncepcje Przemysłu 4.0: wiedza i umiejętności informatyczne; przetwarzanie danych i informacji oraz analityka; analiza statystyczna; zrozumienie organizacyjne i procesowe; możliwość interakcji z nowoczesnymi interfejsami; zarządzanie wiedzą; interdyscyplinarna wiedza na temat technologii i organizacji; świadomość bezpieczeństwa IT i ochrony danych; specjalistyczna wiedza na temat działań i procesów produkcyjnych; umiejętności programowania komputerowego i kodowania; specjalistyczna wiedza na temat technologii; ergonomia.

Ogólnie można zauważyć, że ten nowy paradygmat będzie wymagał przejścia od pracy fizycznej do pracy opartej na wiedzy, ponieważ znaczna część zadań przyszłych pracowników będzie wiązała się z działaniami obejmującymi stosowanie, wyszukiwanie, tworzenie i dzielenie się złożoną wiedzą [46]. Może to być jednak trudna adaptacja, szczególnie dla starzejącej się siły roboczej, która może nie mieć odpowiedniego przeszkolenia i wymaganych umiejętności [45]. Dlatego ważne jest, aby pracownicy byli zmotywowani, elastyczni i otwarci na zmiany, aby mogli skuteczniej współpracować [47].

Podziękowania. Publikacja opracowana na podstawie wyników V etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2020-2022 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Edukacji i Nauki/Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Bibliografia

1. Bischoff J. et al. (2015), *Study – tapping the potential of using Industry 4.0 in medium-sized companies*. GmbH, Fraunhofer IML, ZENIT GmbH.
2. Schumacher A. et. al (2016), *From Smart Technologies to Smart Factory*, WINGBusiness, 2, pp. 14–18.
3. Deuse J. et al. (2015), *Design of production systems in the context of Industry 4.0*. In: Botthoff A., Harmann E.A.: *Future of work in Industry 4.0*. Springer Vieweg, Berlin.
4. Frey C.B., Osborne M.A. (2013), *The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?*, www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf, 2016-8-7.
5. World Economic Forum: *The future of jobs, Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*, www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf, 2016-12-16.
6. Kagermann H. et. al. (2013), *Implementation recommendations for the future project Industry 4.0 – final report of the Working Group Industry 4.0*, Research Union in the Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft, Berlin.
7. Schlund S. et. al. (2014), *Study – Industry 4.0 A revolution in work design*, Ingenics AG, Fraunhofer IAO.
8. Gwenith G. Fisher, Marisol Chacon, Dorey S. Chaffee (2019), *Chapter 2 – Theories of Cognitive Aging and Work*, Editor(s): Boris B. Baltes, Cort W. Rudolph, Hannes Zacher, *Work Across the Lifespan*, Academic Press, 2, pp. 17–45, ISBN 9780128127568, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812756-8.00002-5>.
9. Richard M. Lerner, Willis F. Overton (2010), *The Handbook of Life-Span Development*, Volume 1: Cognition, Biology, and Methods, Wiley.
10. Salthouse T. (2012), *Consequences of age-related cognitive declines*, *Annu Rev Psychol.* 2012;63:201-26. doi: 10.1146/annurev-psych-120710-100328.
11. Hirschfeld L.A., Gelman S.A. (1994), *Mapping the Mind: Domain Specificity in Cognition and Culture*, Cambridge University Press.

12. Strauss E., Sherman E.M., Spreen O. (2006), *A compendium of neuropsychological tests: Administration, norms, and commentary*, Am. Chem. Soc.
13. Chaytor N., Schmitter-Edgecombe M. (2003), *The ecological validity of neuropsychological tests: a review of the literature on everyday cognitive skills*, *Neuropsychol. Rev.*, 13, pp. 181–197.
14. Close J.E. (1986), *Hunter Cognitive ability, cognitive aptitudes, job knowledge, and job performance*, *J. Vocat. Behav.*, 29, pp. 340–362.
15. Mathuranath C.P., P. Nestor P., Berrios G., Rakowicz W., Hodges J. (2000), *A brief cognitive test battery to differentiate Alzheimer's disease and frontotemporal dementia*, *Neurology*, 55, pp. 1613–1620.
16. Nuechterlein K.H., Barch D.M., Gold J.M., Goldberg T.E., Green M.F., Heaton R.K. (2004), *Identification of separable cognitive factors in schizophrenia*, *Schizophr. Res.*, 72, pp. 29–39.
17. B. Dubois, B. Pillon (1996), *Cognitive deficits in Parkinson's disease*, *J. Neurol.*, 244, pp. 2–8.
18. Green M.F., Kern R.S., Braff D.L., J. Mintz J. (2000), *Neurocognitive deficits and functional outcome in schizophrenia: are we measuring the right stuff?*, *Schizophr. Bull.*, 26 (1), pp. 119–136.
19. Van Hooren S., Valentijn A., Bosma H., Ponds R., Van Boxtel M., Jolles J. (2007), *Cognitive functioning in healthy older adults aged 64–81: a cohort study into the effects of age, sex, and education*, *Ageing Neuropsychol. Cogn.*, 14, pp. 40–54.
20. Firth J., Stubbs B., Rosenbaum S., Vancampfort D., Malchow B., Schuch F., Elliott R., Nuechterlein K.H., Yung A.R. (2016), *Aerobic exercise improves cognitive functioning in people with schizophrenia: a systematic review and meta-analysis*, *Schizophr. Bull.*, p. 115.
21. Smith P.J., Blumenthal J.A., Hoffman B.M., Cooper H., Strauman T.A., Welsh-Bohmer K., Browndyke J.N., Sherwood A. (2010), *Aerobic exercise and neurocognitive performance: a meta-analytic review of randomized controlled trials*, *Psychosom. Med.*, 72, p. 239.
22. Zheng G., Xia R., Zhou W., Tao J., Chen L. (2016), *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, pp. 1443–1450.
23. N.T. Hill, L. Mowszowski, S.L. Naismith, V.L. Chadwick, M. Valenzuela, A. Lampit (2017), *Computerized cognitive training in older adults with mild cognitive impairment or dementia: a systematic review and Meta-Analysis*, *Am. J. Psychiatry*, 174 (94), pp. 329–334.
24. Melby-Lervåg M., Hulme C. (2013), *Is working memory training effective? A meta-analytic review*, *Dev. Psychol.*, 49, p. 270.
25. Anguera J. (2013), *Video game training enhances cognitive control in older adults*, *Nature*.
26. Shatil E. (2013), *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, p. 8.
27. Kempermann G., Fabel K., Ehninger D., Babu H., Leal-Galicia P., Garthe A., Wolf S. (2010), *Why and how physical activity promotes experience-induced brain plasticity*, *Front. Neurosci*, 4, p. 189.

28. Fabel K., Wolf S., Ehninger D., Babu H., Galicia P., Kempermann G. (2009), *Additive effects of physical exercise and environmental enrichment on adult hippocampal neurogenesis in mice*, *Front. Neurosci*, 3, p. 2.
29. Oh Y., Yang S. (2010), *Defining exergames and exergaming*, *Proceedings of Meaningful Play*, pp. 1–17.
30. Sinclair J., Hingston P., Masek M. (2007), *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.
31. Stanmore E., Stubbs B., Vancampfort D., de Bruin E.D., Firth J. (2017), *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, pp. 34–43, ISSN 0149-7634, <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.04.011>.
32. Barry G., Galna B., Rochester L. (2014), *The role of exergaming in Parkinson's disease rehabilitation: a systematic review of the evidence*, *J. Neuroeng. Rehabil.*, 11 (1).
33. Li J., Theng Y.-L., Foo S. (2016), *Effect of exergames on depression: a systematic review and meta-analysis*, *Cyberpsychol. Behav. Soc. Networking*, 19, pp. 34–42.
34. van't Riet J., Crutzen R., Lu A.S. (2014), *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, pp. 311–318.
35. West G.L., Zendel B.R., Konishi K., Benady-Chorney J., Bohbot V.D., Peretz I., Belleville S. (2017), *Playing Super Mario 64 increases hippocampal grey matter in older adults*. *PLOS ONE*, 2017; 12 (12): e0187779 DOI: 10.1371/journal.pone.0187779.
36. SlayDK.AportableHalstead-ReitanCategoryTest.JClinPsychol.1984;40(4):1023-1027. doi:10.1002/1097-4679(198407)40:4<1023::aid-jclp2270400426>3.0.co;2-j.
37. Nasreddine Z.S., Phillips N.A., Bédirian V., Charbonneau S., Whitehead V., Collin I., Cummings J.L. and Chertkow H. (2005), *The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: A Brief Screening Tool For Mild Cognitive Impairment*. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53: 695-699. doi:10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x.
38. Wechsler D. (1945), *Wechsler memory scale*. *Psychological Corporation*, American Psychological Association.
39. Kleindienst M., Wolf M., Ramsauer C. (2016), *What workers in Industry 4.0 need and what ICT can give - an analysis*. *Int. Conf. Knowl. Technol. Data driven Bus.* 1–6.
40. Khalid A., Kirisci P., Khan Z.H., Ghrairi Z., Thoben K.D., Pannek J. (2018), *Security framework for industrial collaborative robotic cyber-physical systems*. *Comput. Ind.* 97, 132–145.
41. Mital A., Pennathur A. (2004), *Advanced technologies and humans in manufacturing workplaces: an interdependent relationship*. *Int. J. Ind. Ergon.* 33, 295–313.
42. Nelles J., Kuz S., Mertens A., Schlick C.M. (2016), *Human-centered design of assistance systems for production planning and control: the role of the human in Industry 4.0*. In: *2016 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*, pp. 2099–2104. IEEE.
43. Laudante E. (2017), *Industry 4.0, innovation and design. A new approach for ergonomic analysis in manufacturing system*. *Des. J.* 20, S2724–S2734.
44. Badri A., Boudreau-Trudel B., Souissi A.S. (2018), *Occupational health and safety in the industry 4.0 era: a cause for major concern?* *Saf. Sci.* 109, pp. 403–411.

45. Lorenz M., Ruessmann M., Strack R., Lueth K.L., Bolle M. (2015), *Man and machine in industry 4.0: How will technology transform the industrial workforce through 2025*. Bost. Consult. Gr.
46. Kelloway E.K., Barling, J. (2000), Knowledge work as organizational behavior. *Int. J. Manag. Rev.* 2, pp. 287–304.
47. Moniri M.M., Valcarcel F.A.E., Merkel D., Sonntag D. (2016), *Human gaze and focus-of-attention in dual reality human-robot collaboration*. In: *2016 12th International Conference on Intelligent Environments (IE)*, IEEE, pp. 238–241.

dr hab. inż. Andrzej Grabowski, prof. – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy