

ZASTOSOWANIE ROZSZERZONEJ RZECZYWISTOŚCI W KSZTAŁTOWANIU STANOWISK PRACY

Kinga BYRSKA-BIENIAS, Marcin ZEMCZAK

Streszczenie: Autorzy referatu przedstawili propozycje zastosowania AR w projektowaniu bezpiecznych i ergonomicznych stanowisk pracy. W artykule omówione zostały ogólne obszary kształtowania ergonomicznego oraz przykładowe narzędzia wspierające diagnozę ergonomiczną. Przedstawiono zakres zainteresowania bezpieczeństwem i higieny pracy w kontekście możliwości zastosowania AR w rozwiązaniach przemysłowych. Zaproponowano konkretne sytuacje, w których zastosowanie rozszerzonej rzeczywistości usprawni racjonalizację ergonomiczną.

Słowa kluczowe: rozszerzona rzeczywistość, BHP, ergonomia, narzędzia kształtowania ergonomicznego

1. Wprowadzenie

Współczesne technologie wytwarzania, narastający stopień zautomatyzowania procesów produkcyjnych oraz wysoki poziom ich organizacji stawiają przed służbami organizacji wytwarzania coraz wyższe wymagania. Odpowiedzią na dynamiczne zmiany w obszarze kształtowania utrzymania niezawodności produkcji jest powstawanie nowych metod i technik wspomagających prace specjalistów z działów takich jak BHP czy działów organizacji wytwarzania[13].

Jednym z narzędzi, które zaczyna być wprowadzane w obszar kształtowania bezpieczeństwa i higieny pracy jest zastosowanie rozszerzonej rzeczywistości (z j. ang. AR - *Augmented Reality*). W referacie przedstawiono propozycje zastosowania tej techniki w zastosowaniach ergonomicznych i BHP.

1.1. Ergonomia w przedsiębiorstwie

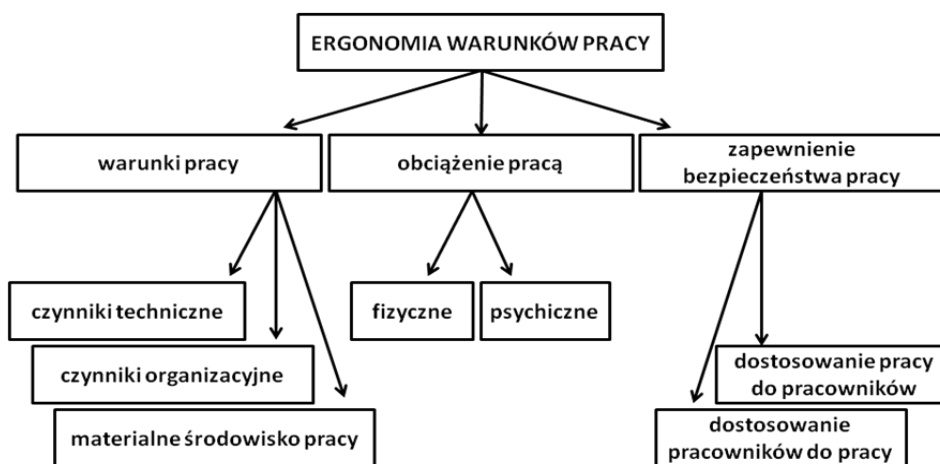
Ergonomia (lub czynnik ludzki), według definicji (aktualnej od 2000r.) zaproponowanej przez Międzynarodowe Stowarzyszenie Ergonomicznego IEA, to dyscyplina naukowa zajmująca się badaniem interakcji zachodzących między ludźmi i pozostałymi elementami systemu. Ergonomista w swych działaniach stosuje zasady teoretyczne, dane i metody niezbędne dla projektowania efektywnych systemów pracy uwzględniających dobrostan człowieka [2].

Działania ergonomii ukierunkowane są przede wszystkim na doskonalenie techniki i otoczenia aktywności człowieka, z drugiej zaś na wychowanie, kształtowanie, doskonalenie człowieka i budowanie w pracowniku kultury organizacyjnej. Zadania nacelowane na usprawnianie to takie, które zagwarantują wysoką efektywność pracy (jakość i wydajność). Kolejna grupa zadań to takie, które zmniejszają odczuwaną uciążliwość pracy i każdej aktywności człowieka w pracy, istotą jest tworzenie komfortu fizycznego, psychicznego, społecznego, estetycznego dla aktywnego zawodowo człowieka. [6, 8, 9]

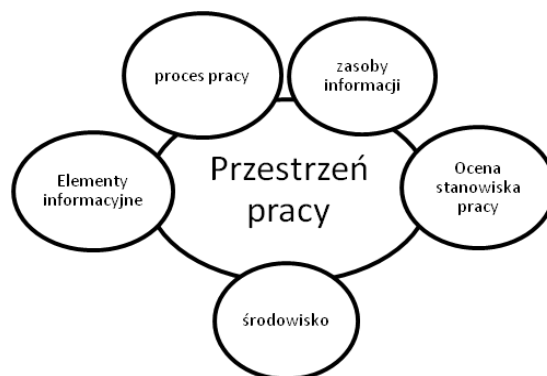
W zadaniach doskonalących samego człowieka, realizatora działań technicznych i organizacyjnych, można z kolei wyróżnić odpowiedzialność w kształtowaniu wiedzy i wychowanie ergonomiczne zarówno użytkowników techniki, jak i jej twórców, umożliwianie prawidłowego doboru do zawodu i pracy w przedsiębiorstwie, ułatwianie pracownikom adaptacji do zmieniających się technik, technologii, szkolenie ustawiczne i wieloaspektowe pracowników, organizowanie korzystnych warunków i klimatu społecznego, właściwa organizacja pracy i kierowania, nadzorowania jej w porozumieniu ze służbą BHP [7-9].

Ergonom jest zarówno osobą odpowiedzialną za infrastrukturę przedsiębiorstwa (jej dobór i modyfikację) jak i za kształcenie i zarządzanie zasobami ludzkimi. W działaniach należy uwzględnić efekt synergii i fakt, że prowadzenie zmian w jednym obszarze przedsiębiorstwa modyfikuje przebieg innych procesów organizacji.

Obszar obowiązków kształtowania ergonomii warunków pracy zilustrowano na rys. 1. Rys. 2 przedstawia główne elementy stanowisk pracy weryfikowanych przez ergonomę przemysłowego.



Rys. 1. Kształtowanie ergonomicznych warunków pracy (opracowanie własne)



Rys. 2. Obszary kształtowania ergonomii stanowiska pracy (opracowanie własne)

Przedstawione obszary stanowią ramy ustalania dokładnych obowiązków zawodowych. Wskazane jest aby corocznie określać cele, zadania i programy pracy ergonomów zakładowego wraz z określeniem przypisanych mu dostępnych zasobów – zarówno finansowych jak i czasowych oraz osobowych. Plan pracy powinien być cyklicznie kontrolowany i określany powinien być status osiągniętych rezultatów zgodnie z zasadą PDCA [21].

1.2. Narzędzia kształtowania ergonomicznego

Wprowadzając podział możliwych do zastosowania narzędzi zgodnie z propozycją autorów publikacji *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods* można przykładowo wymienić metody wymienione w tabelach 1 i 2. Należy rozważyć możliwość wsparcia tych technik poprzez rozszerzoną rzeczywistość [19].

Poza dostępem do dokumentacji zakładowej wymagana będzie umiejętność posługiwania się normami, dokumentami urzędowymi, umiejętność poszukiwania wyników badań medycznych, protokołów z decyzjami organów nadzoru nad przedsiębiorstwem i raportów laboratoriów badawczych parametrów środowiska pracy. Specyficznymi narzędziami pracy ergonomów są arkusze diagnozy ergonomicznej. Istnieje wiele metod badawczych dedykowanych do specyficznych grup prac i wybranych obciążeń. Ergonomia jako nauka interdyscyplinarna korzystająca z wielu dziedzin często na potrzeby konkretnego przedsiębiorstwa musi korzystać z kombinacji metod i wypracowywać swoje własne narzędzia. Przykładem takiego narzędzia może być arkusz EAWS, który został opracowany przez niemiecki przemysł motoryzacyjny na podstawie badań prowadzonych na konkretnej grupie pracowników płci męskiej. Ważną dokumentacją jest także dostęp do Atlasu Antropometrycznego. Przykładowo zakupiony może być Atlas antropometryczny dorosłej ludności Polski dla potrzeb projektowania autorstwa Anny Batogowska i Jerzego Słowikowskiego wydany przez Instytut Wzornictwa Przemysłowego. Wybierając projektowanie w oparciu o konkretną grupę pracowników należy mieć na uwadze, iż osiągnięte w danym przedsiębiorstwie wyniki są właściwe tylko dla grupy pracowniczej przez to przedsiębiorstwo zatrudnionej i nie mogą być bezpośrednio stosowane przez inne przedsiębiorstwa [15, 16]

Tab. 1. Przykładowe narzędzia diagnozy ergonomicznej dla obciążeń fizycznych [19]

Grupa metod	Metoda – nazwa metody analizy ergonomicznej
Metody fizyczne	PLIBEL- A Method for Identification of Ergonomic Hazards – metoda identyfikacji ryzyk ergonomicznych
	NIOSH - wskaźnik zalecanej wartości granicznej RWL – metoda stosowana w operacjach dźwigania
	REBA- Rapid Entire Body Assessment – metoda analizy pozycji ciała w procesie pracy
	Muscle Fatigue Assessment-Functional Job Analysis Technique – metoda analizy obciążenia i zaangażowania mięśni w proces pracy
	The Occupational Repetitive Action (OCRA) Methods OCRA Index, OCRA Checklist – lista kontrolna ergonomii dla operacji powtarzalnych
	OWAS – ang. Ovako Working Posture Analysis System – metoda analizy obciążenia statycznego
	The Strain Index Job Analysis Method – metoda analizy siły

Tab. 2. Przykładowe techniki diagnozy ergonomicznej [19]

Grupa metod	Metoda – nazwa metody analizy ergonomicznej
Metody psychofizyczne	EMG- elektromiografia
	EEG- ambulatoryjna elektroencefalografia
	ABPM- Ambulatory Assessment of Blood Pressure to Evaluate Workload – metoda analizy ciśnienia krwi do określania obciążenia pracą
	EDA- pomiar aktywności elektrycznej na powierzchni skóry
Metody behawioralne i kognitywne	HTA - Hierarchical Task Analysis – metoda analizy hierarchii zadań
	CDM-Critical Decision Method – metoda analizy decyzji krytycznych
	Mental Workload – analiza obciążenia psychicznego
	SAGAT-Situation Awareness Measurement and the Situation Awareness Global Assessment Technique – analiza ogólnej świadomości i zachowań pracowników
Badanie zespołów	Team Training – metoda szkolenia grupowego w rozwiązywaniu problemów ergonomicznych
Metody środowiskowe	Thermal Condition Measurement – analiza warunków termicznych środowiska pracy
	Heat Stress Indices – analiza wskaźnika stresu termicznego
	Noise Reaction Indices – analiza wskaźnika hałasu
Metody makroergonomii	MOQS- Macroergonomic Organizational Questionnaire Survey – arkusz oceny makroergonomicznej
	TOP-Modeler i inne systemy symulacji ergonomicznej – DELMIA, ErgoMAX

1.2. Bezpieczeństwo i higiena pracy w przedsiębiorstwie

Bezpieczeństwo jest rozmaicie pojmowane i definiowane, ale należy do wartości najwyższej cenionych i chronionych zarówno w wymiarze jednostek jak i organizacji i narodów. Potrzeba zapewnienia bezpieczeństwa mieści się w katalogu kluczowych potrzeb i zadań państw i społeczności międzynarodowych jak i różnego rodzaju organizacji. Pojęcie bezpieczeństwa obejmowało początkowo obszary bezpieczeństwa politycznego i militarnego. Ewolucja doprowadziła do poszerzenia katalogu wartości o zagadnienia ekonomiczne, zarządzania organizacjami gospodarczymi, a także ekologii. Coraz bardziej widoczne staje się podnoszenie rangi zagadnień zapewnienia bezpieczeństwa w funkcjonowaniu podmiotów gospodarczych [12, 13].

Działania w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy w przedsiębiorstwie wymagają zastosowania systemowego podejścia. Podstawową zasadą tego podejścia jest dążenie do zrozumienia istoty problemów, uchwycenie spraw zasadniczych dla analizowanego obiektu (procesu, zjawiska) z pominięciem szczegółów i spraw drugorzędnych [4].

Zarządzanie bezpieczeństwem jest to identyfikacja, ocena i ustalenie priorytetów wystąpienia ryzyka poprzez takie koordynowanie działaniami w przedsiębiorstwie, aby zminimalizować, monitorować i kontrolować prawdopodobieństwo wystąpienia zjawisk niepożądanych. Jest to działanie ukierunkowane na redukcję ryzyka utraty życia i zdrowia w pracy do akceptowalnego poziomu granicznego, a następnie utrzymaniu go na takim poziomie lub niższym. Według innej definicji zarządzanie bezpieczeństwem to zespół funkcji zarządzania decydujący w określaniu i wdrażaniu polityki bezpieczeństwa

w zakładzie produkcyjnym [11].

Bezpieczne warunki pracy oraz bezpieczne zachowania w pracy muszą zostać wypracowane według z góry przyjętego programu, według którego niezbędne jest ciągle podejmowanie zadań ukierunkowanych na podtrzymanie, a następnie dalsze ulepszanie warunków pracy, wyposażenia oraz postępowania zatrudnionych [18].

Zagrożenia spowodowane mogą być niżej wymienionymi przyczynami [22]:

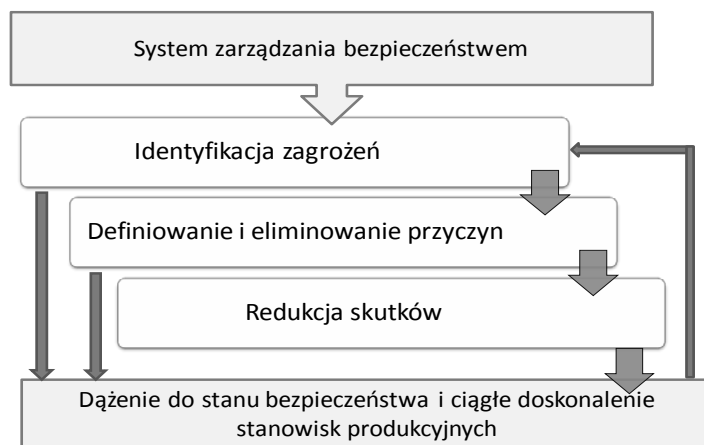
- niesprzyjającym wpływem otoczenia,
- błędami użytkownika popełnianymi w eksploatacji, szczególnie błędami sterowania,
- niewłaściwym działaniem obiektu, na skutek uszkodzeń jego podzespołów lub elementów.

Identyfikacja zagrożeń to proces rozpoznawania, czy zagrożenie istnieje oraz określanie jego charakterystyk. Aby skutecznie identyfikować zagrożenia mogące wystąpić w przedsiębiorstwach produkcyjnych należy [11]:

- analizować przyczyny dotychczas zaistniałych wypadków,
- obserwować pracę pracowników i analizować zachowania pracowników na poszczególnych stanowiskach pracy,
- rozmawiać z pracownikami na temat potencjalnych zagrożeń, ponieważ oni najlepiej znają swoje stanowisko pracy,
- monitorować przebieg procesów i przewidywać potencjalne zagrożenia,
- gromadzić i przetwarzać informacje w bazach danych na temat potencjalnych zagrożeń.

Identyfikacja i eliminacja zagrożeń wymaga zastosowania specjalistycznych metod oraz zaangażowania doświadczonego personelu. Powinna być realizowana już na etapie projektowania nowych stanowisk produkcyjnych. Należy opracować i realizować procedury identyfikacji zagrożeń i oceny związanego z nimi ryzyka zawodowego w odniesieniu do wszystkich stanowisk pracy oraz działań, wyrobów i usług.

Podstawowe zadania systemu zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. System zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy w kształtowaniu bezpieczeństwa systemów produkcyjnych, (opracowanie własne)

W celu określenia wspólnych zasad dotyczących polepszaniu bezpieczeństwa i higieny pracy przedsiębiorstwach, kraje członkowskie UE wprowadziły dyrektywę ramową nr 89/391/EEC ang. On the introduction of measures to entourage improvements in the safety and health of workers at work [5].

Zobowiązuje ona do uwzględnienia wymagań dyrektywy we własnych przepisach prawa oraz do ich kontroli i nadzorowania, a pracodawców do [5]:

- opracowania strategii zarządzania BHP w firmie,
- prowadzenia spójnej i całościowej polityki zapobiegawczej obejmującej technikę, organizację, warunki pracy, stosunki społeczne i wpływ czynników związanych ze środowiskiem pracy,
- przyjmowania odpowiedzialności za zdrowie i bezpieczeństwo swoich pracowników,
- przeprowadzenia eliminacji ryzyka i oceny ryzyka, które nie może być wyeliminowane,
- dostosowania pracy do pojedynczego człowieka,
- właściwego instruowania i szkolenia pracowników,
- zastępowanie materiałów niebezpiecznych, bardziej bezpiecznymi.

2. Rozszerzona rzeczywistość

Cechą charakterystyczną rzeczywistości rozszerzonej jest nałożenie na obraz rzeczywisty syntetycznych napisów i obrazów. Przykładem takiego działania jest system HUD (z j. ang. *Head-Up Display*). System ten wyświetla dane dodatkowe na obserwowanym obrazie przestrzeni, jest to rozwiązanie stosowane np. w lotnictwie w celu ułatwienia sterowania. Pozwala to na aktywne wyświetlanie informacji bez potrzeby zadawania pytań czy formułowania kwerend systemowi. Pochodzenie nazwy systemu wywodzi się z rozwiązań lotniczych, gdzie piloci podczas patrzenia w dal otrzymywali automatycznie informacje. Nie występowała potrzeba kierowania wzroku na dół lub krawędź ekranu. Korzyścią takiego zastosowania był fakt, iż piloci nie dekoncentrowali wzroku w trakcie lotu pomiędzy wykonywaniem manewrów w przestrzeni a korzystaniem z przyrządów pomiarowych [1].

Alternatywnym rozwiązaniem jest system HMD – (z j. ang. *Helmet-mounted display*). Wyświetlacz nahełmowy. Były na nich mocowane dwie lub jedna kamera. Po zebraniu obrazu z kamery informacje były przetwarzane przez komputer i wyświetlane na ekranach HMD. W praktyce takie aplikacje umożliwiały konfiguracji systemów doboru broni (z j. ang. *HMSD* lub *HMS*). Urządzenia te zostały stworzone najpierw przez RPA, Związek Radziecki oraz w Stanach Zjednoczonych.

W rozszerzonej rzeczywistości stosując podział za Krevelen and Poelman (2010) można wyszczególnić metody zastosowania AR [14]:

- z elementami sprzętu zlokalizowane na dłoniach – z zastosowaniem markerów,
- zlokalizowane na głowie – nakładka na okulary (ang. *retina projection*), hełm. Rozwiązanie to pozwala na obserwację realnego świata oraz pozyskanie dodatkowych informacji ułatwiających pracę. Największą wadą takich systemów jest opóźnienie w przetwarzaniu informacji pomiędzy światem wirtualnym a rzeczywistym, co może powodować negatywne odczucia czy nawet poprowadzić do choroby symulatorowej. Najczęściej obserwowanymi objawami u osób trenujących

na symulatorze pojazdu są zaburzenia wzrokowe i zawroty głowy a także zaburzenia żołądkowo-jelitowe (mdłości i wymioty). Do łagodnych objawów choroby symulatorowej zalicza się: błądliwość, senność, ospałość, ogólne zmęczenie i znużenie, pocenie się, zmęczenie oczu, ból głowy, uczucie gorąca, utrata apetytu. Silne objawy choroby symulatorowej to: mdłości i wymioty, zawroty głowy, zaburzenia równowagi, dezorientacja i trudności w koncentracji, nieostre widzenie, omamy wzrokowe, oszołomienie, depresję i apatię. Występowanie i stopień nasilenia objawów choroby symulatorowej jest różny u różnych osób nawet, jeśli wykonują te same ćwiczenia, na tym samym symulatorze i w tych samych warunkach. Część objawów może wystąpić dopiero po upływie kilkudziesięciu godzin (20-30) od ćwiczeń na symulatorze. U pilotów trenujących na symulatorach o bardzo zaawansowanej technologii wprowadzania w rzeczywistość wirtualną, stwierdzono możliwość występowania, np. wrażenia wykonywania zakrętu, w trakcie oglądania telewizji [2, 3, 14].

Nawet prawidłowe dla analiz systemowych ruchy głowy – bez zbędnych ruchów dodatkowych, wymagają bardzo szybkiej i częstej aktualizacji obrazu w celu uniknięcia opóźnienia wyświetlanych wyników wizualnych, co jest trudne do zapewnienia nawet przy wsparciu najnowszych technologii. Aby uniknąć problemów z opóźnieniem, zazwyczaj analiza prowadzona jest w wybranej płaszczyźnie. Dzięki takiemu rozwiązaniu, połączone w tym samym widoku dane są szybko zdigitalizowane. W ten sposób świat realny i wirtualny świat mogą być łatwo zsynchronizowane.

- systemy interakcji przestrzennej – rozwiązanie to działa najskuteczniej kiedy widok wirtualny oraz widok świata rzeczywistego jest w tej samej płaszczyźnie. Poruszanie się w wyłącznie jednej płaszczyźnie nie oddaje natomiast dobrze tego co obserwuje się w świecie rzeczywistym. Odczytywane są ruchy całego ciała lub partii ciała a następnie wyświetlane są odpowiedzi lub wyniki. W szczególności aplikacje powinny współpracować z urządzeniami wykorzystującymi tzw. naturalny interfejs (tzn. niewymagającymi użycia dodatkowego kontrolera), np. Microsoft Kinect lub Asus Xtion. Oba te urządzenia są kompatybilne z biblioteką OpenNI (NI - Natural Interface). Zastosowanie tych urządzeń pozwoli na przechwytywanie informacji o położeniu dłoni osoby badanej, jak również całego jej szkieletu. Sterownik urządzenia automatycznie rozpoznaje figurę człowieka oraz konfigurację szkieletu.

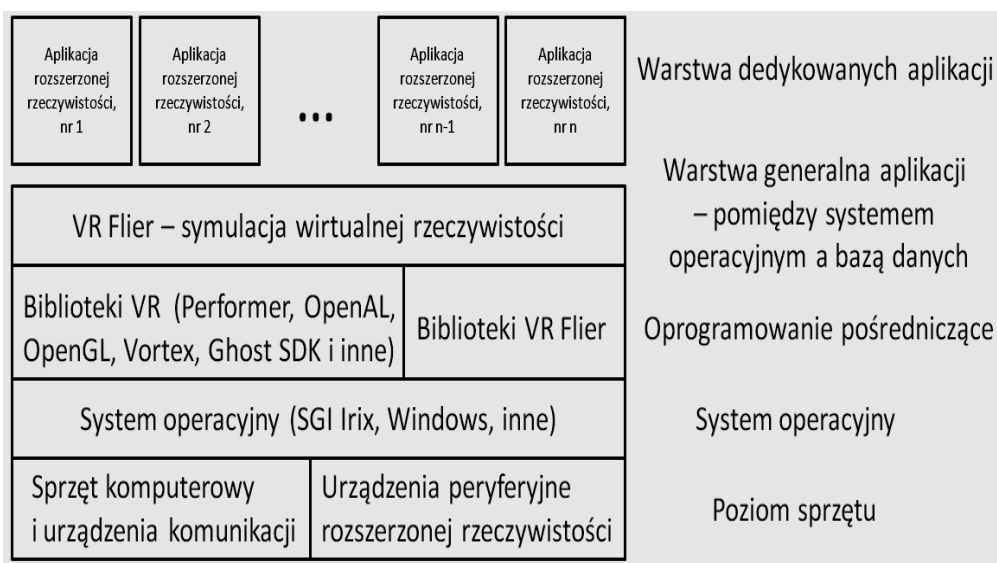
Pisząc o rzeczywistości rozszerzonej nie można nie wspomnieć o jednej z jej odmian, bazującej na wykorzystaniu coraz popularniejszych w ostatnich latach smartfonów, wyposażonych w kamerę i duży wyświetlacz. Urządzenia te mają wystarczającą moc obliczeniową, by wykonać prostą analizę obrazu (np. w poszukiwaniu odpowiednich znaczników lub punktów charakterystycznych) i wyświetlić na ekranie obraz z kamery wzbogacony o elementy syntetyczne.

Przy wyborze właściwego rozwiązania z zakresu AR do danego problemu, uważa się, że najważniejsze jest, aby uniknąć problemu zwłoki w aktualizacji obrazu, który pochodzi z rozwiązań optycznych i co jest drażniącym czynnikiem uniemożliwiającym w długim

okresie czasu na realizowanie badań. Doświadczenia badaczy wskazują, że jest to czynnik który prowadzi do nieakceptacji przez użytkowników tego typu rozwiązań.

Trzeba mieć świadomość, że rozwiązanie oparte na rozbudowanych animacjach wyświetlanych na obrazie świata rzeczywistego oraz noszenie specjalnego hełmu do AR nie jest w pełni optymalne w warunkach przemysłowych z punktu widzenia bezpieczeństwa. Wzrok i uwaga użytkownika opiera się całkowicie na sprzęcie i mogą wystąpić różnorodne zdarzenia wypadkowe.

Infrastruktura stosowana w AR ma na kilka różnych warstw. Warstwy można przedstawić przykładowo zgodnie z rysunkiem 4.



Rys.4. Warstwy oprogramowania w ramach rozszerzonej rzeczywistości [3]

Rozszerzona rzeczywistość bywa mylona często z Rzeczywistością wirtualna (z j. ang. virtual reality) czy fantomatyką. Fantomatyka to obraz sztucznej rzeczywistości stworzony przy wykorzystaniu technologii informatycznej. Polega na multimedialnym kreowaniu komputerowej wizji przedmiotów, przestrzeni i zdarzeń. Może on reprezentować zarówno elementy świata realnego (symulacje komputerowe), jak i zupełnie fikcyjnego (gry komputerowe science-fiction). Systemy pracy pozwalające na wirtualizację systemów wytwarzania to np. DELMIA czy ErgoMAX.

AR jest wykorzystywana powszechnie w różnych obszarach nauki i biznesu [10]:

- medycyna – obrazowanie medyczne, lekarze mogą mieć dostęp do danych na temat struktury i czynności narządów wewnętrznych pacjenta;
- lotnictwo – instrumenty pokładowe pokazują pilotom ważne dane na temat ukształtowania terenu, który widzą przed sobą;
- motoryzacja - wyświetlanie kluczowych informacji lub obrazów np. z komputera pokładowego, radia lub systemu nawigacji na przedniej szybie samochodu lub motocykla, dzięki czemu poprawia się bezpieczeństwo jazdy gdyż kierowca nie musi odrywać wzroku od drogi;

- szkolenia – AR zapewnia studentom, uczniom, osobom trenowanym niezbędne dane o specyficznych obiektach, nad którymi pracują;
- muzea – wystawiony eksponat może być oznakowany informacjami takimi jak kontekst historyczny lub miejsce odkrycia artefaktu;
- marketing – markery AR stosowane bywają w trakcie kampanii marketingowych.

3. Propozycja zastosowania rozszerzonej rzeczywistości w zastosowaniach BHP i ergonomicznych

Poniżej wylistowano propozycje możliwych wariantów zastosowania rozszerzonej rzeczywistości w analizach i badaniach ergonomicznych stosowanych w przemyśle.

3.1. Ocena ryzyka zawodowego

Wsparcie wykonywania oceny ryzyka zawodowego może odbywać się na różnych płaszczyznach. Pierwszą możliwością jest ułatwienie zadań zespołu oceniającego. Osoby uzyskują informacje w postaci animacji – wizualizacji – jakie rodzaje zagrożeń należy uwzględnić w zakładzie. W przypadku typowych zagrożeń AR wyświetla miejsca szczególnie newralgiczne dla bezpieczeństwa operatora – np. nagrzewające się elementy maszyn lub elementy o ostrych krawędziach, elementy maszyny, gdzie występuje ryzyko pochycenia itd.

Zastosowanie AR uczyni atrakcyjnym zadanie wykonania ORZ dla zaangażowanych do grupy roboczej operatorów i kierowników. Będzie stanowiło o przewadze w ramach budowanej kultury organizacyjnej.

Druga możliwość dotyczy w trakcie wirtualnego spaceru na weryfikację zagęszczenia stanowisk o poszczególnych stopniach oceny ryzyka zawodowego. Pozwalać to będzie na szybką ocenę, która część hali ma więcej zagrożeń. Można również rozpatrywać zmiany w przeprowadzonych ocenach ryzyka zawodowego – np. rok do roku, na potrzeby wykonywania statystyk wewnętrznych lub zewnętrznych – np. sprawozdanie do GUS Z-10.

3.1. Szkolenia i instruktaże

Istnieje szereg możliwości zastosowania metod aktywizujących w szkoleniach dzięki zastosowaniu AR. Instruktaże stanowiskowe mogą być wsparte wizualizacją i przedstawieniem ORZ wg wytycznych wymienionych w punkcie 3.1. Dodatkowo istnieje możliwość poruszania się po hali przez okres całego instruktażu z interfejsem AR, który w sposób ciągły prowadzić będzie szkolenie oraz będzie przedstawiał najważniejsze informacje. Przyczyni się to także do omawiania zagadnień w sposób jednolity bez względu na to kto jest osobą przeprowadzającą instruktaż i obniży koszt wdrażania nowego pracownika.

Przykładem praktycznego zastosowania AR w szkoleniach może być system SafeAR opracowany przez firmę Komag. System wskazuje (wcześniej zdefiniowane) zagrożenia, na jakie narażony jest pracownik oraz prezentuje ich lokalizację bezpośrednio w rzeczywistym miejscu pracy [17].

3.1. Analiza antropometrii – kąty, wysokości, dobór kadry do pracy

Istnieją specjalne aplikacje które umożliwiają w sposób aktywny analizę postawy ciała w dowolnym środowisku pracy. Poprzez zastosowanie takiego rozwiązania można wyeliminować tradycyjne wykonywanie ocen postaw na stanowisku i przyjętych kątów i naprężeń mięśniowych. Nie występuje wówczas potrzeba sporządzania pracochłonnych list kontrolnych i Arkuszy danych. Wyniki będą analizowane i wyświetlane bezpośrednio na stanowisku pracy. Dobrym przykładem może być możliwość natychmiastowego wykonania analiz REBA- z j. ang. *Rapid Entire Body Assessment* – metoda analizy pozycji ciała w procesie pracy

Innym wariantem jest dobór odpowiednich parametrów wysokościowych na stanowisku – np. zasięgi sięgania, maksymalne wysokości lokowania komponentów. Zastosowanie AR umożliwi natychmiastową interpretację i ocenę stanu zastanego organizacji stanowiska, np. w trakcie prowadzonych auditów BHP. Równoległe można zastosować to narzędzie do wytypowania przez działy doskonalenia produkcji kolejnych stanowisk, które należy poddać racjonalizacji ergonomicznej – zastosowanie w rankingowaniu stanowisk.

Uzyskane wyniki mogą pozwolić na lepszy dobór pracowników do wykonywanych prac. W sytuacji kiedy nie istnieją techniczne, organizacyjne sposoby rozwiązania sytuacji trudnych z punktu widzenia BHP i ergonomii istnieje możliwość analizy parametrów antropometrycznych pracowników danych obszarów i konfrontacja z gabarytami i wielkościami optymalnymi dla stanowiska.

W niektórych przypadkach pracownicy o skrajnie niskich czy wysokich parametrach, niedopuszczalnych na danym typie stanowiska nie będą dopuszczani do wykonywania na nich prac a kierowani do prac optymalnych ergonomicznie.

3.2. Porównanie wyników w ramach NIOSH z wymaganiami przepisów prawnych

Analiza NIOSH będzie przykładem analizy pośredniej, gdyż jest czymś więcej niż analizą statyczną (wybranej pozycji ciała) ale mniej niż analizą dynamiczną (całej struktury ruchów). W sytuacji gdy uwzględnia się pozycję bazową i pozycję końcową bez uwzględniania pozycji pośredniej można w sposób aktywny wyświetlać przy pomocy AR wyniki analizy.

W przypadku równania NIOSH ustala się maksymalną wagę przedmiotu, którym wykonywana jest manipulacja w operacjach dźwigania, która z punktu widzenia ergonomii jest bezpieczna przy długotrwałym wykonywaniu pracy.

Wyniki analizy NIOSH mogą być zestawiane z danymi wynikającymi z polskich przepisów prawa – np. rozporządzenia w sprawie ręcznych prac transportowych czy rozporządzenia dotyczącego prac uzbrojonych kobietom. Przy wyświetleniu wyników z narzędzi ergonomicznych i danych wynikających z aktów legislacyjnych osoba wykonująca diagnozę uzyska w szybki sposób pełny ogląd sprawy.

Narzędzie może być także stosowane przez działy doskonalenia procesów produkcyjnych, ponieważ często przez takie osoby aspekt prawny jest pomijany ze względu na brak znajomości przepisów. W sytuacji zastosowania AR proces racjonalizacji staje się odporny na luki prawne.

3.3. Czynniki techniczne i czynniki materialnego środowiska pracy

Zastosowanie AR pozwoli na wykonywanie wielowarstwowych map stref w przedsiębiorstwie – np. stref hałasu, stref zapylenia, stref mgieł olejowych, stref silnego stężenia substancji chemicznych i innych. System AR może pomóc także w poruszaniu się po skomplikowanej infrastrukturze wytwarzania osobom z działu UR podpowiadając w trakcie przebrojenia właściwe parametry maszyn czy odległości na które mają być wykonane ustawienia. System może ułatwić poruszanie się w sytuacji dużej liczby maszyn – wyświetlając numery maszyn czy strefy logiczne przedsiębiorstwa, które nie są opisane w rzeczywistości. Dla niektórych takich zastosowań interfejs będzie musiał być wsparty dodatkową infrastrukturą techniczną. W wielu zastosowaniach tego rodzaju stosowane są koordynaty GPS które mogą być zakłócane na terenie hal ze względu na metaliczną konstrukcję hali. Rozwiązaniem stosowanym w takich sytuacjach jest stosowanie tagów radiowych.[20]

4. Wnioski

Narzędzia analiz ergonomicznych i diagnoza stanu BHP może być wspierana przez zastosowanie narzędzi rozszerzonej rzeczywistości. W artykule przytoczono szereg sytuacji, w których technika ta nie tylko uatrakcyjni prace ale dzięki niej usprawnia się prace i ogranicza się czas i zasoby potrzebne na precyzyjne wykonanie badań. Technika ta może być stosowana przez pracowników różnych działów – od działu kadr po działy doskonalenia systemów produkcyjnych czy utrzymania ruchu. Na rynku polskim istnieją już kompletne rozwiązania z zakresu wsparcia BHP przez rozszerzoną rzeczywistość.

Literatura

1. Artykuł na stronie CIOP, Rozszerzona rzeczywistość, https://www.ciop.pl/CIOPPortalWAR/appmanager/ciop/pl?_nfpb=true&_pageLabel=P30001831335539182278&html_tresc_root_id=300004672&html_tresc_id=300004673&html_klucz=19558&html_klucz_spis=.
2. Artykuł na stronie Polskiego Towarzystwa Ergonomicznego, http://ergonomia-polska.com/07_03_ergonomia.htm, , 08.01.2017r..
3. Artykuł na temat oprogramowania SafeAR, <http://komag.eu/oferta/modelowanie-i-ergonomia/safe-ar>, 01.01.2017
4. Chojnicki J.: ABC BHP - informator dla pracodawców, Główny Inspektorat Pracy Państwowej Inspekcji Pracy, Warszawa,2015
5. Dyrektywa 89/391/EEC, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A31989L0391>, 08.06.2016
6. Ejdyś J, Kobylińska U., Lulewicz-Sas A.:Zintegrowane systemy zarządzania jakością, środowiskiem i bezpieczeństwem pracy, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok2012
7. Franus E.: Struktura i ogólna metodologia nauki ergonomii, Universitas, Kraków 1992
8. Górka E.: Ergonomia. Projektowanie, diagnoza, eksperymenty, Wydawnictwo Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2015
9. Górka E., Lewandowski J: Zarządzanie i organizacja środowiska pracy, Wydawnictwo Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2010

10. Hall N., Lowe Ch., Hirsch R., Human Factors Considerations for the Application of Augmented Reality in an Operational Railway Environment, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978915003340>, 01.01.2017
11. Krause M., Praktyczne aspekty doboru metod oceny ryzyka zawodowego, Organizacja i Zarządzanie, z. 59, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, 2016
12. Lewandowski J., Zarządzanie bezpieczeństwem pracy w przedsiębiorstwie, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź, 2000
13. Lewandowski Jerzy, red. Znajmiecka-Sikora Marta, Współczesne standardy w zakresie zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy. nowa perspektywa, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, 2014
14. Ma D., Gausemeirer J., Fan X., Grafe M.: Virtual Reality & Augmented Reality in Industry, Springer, 2009, https://books.google.pl/books?id=h3BphcV7oRkC&pg=PA157&lpg=PA157&dq=augmented+reality+ergonomic&source=bl&ots=Lw182xg3W-&sig=T-PgFCP6piXTYRfAmeUObAN8TVQ&hl=pl&sa=X&ved=0ahUKEwjo5ZfT_bTRAhXEiiwKHc0aCg44HhDoAQgZMAA#v=onepage&q=augmented%20reality%20ergonomic&f=false, 01.01.2017
15. Nowacka Ł.: Ergonomia i ergonomiczne projektowanie stanowisk pracy, <https://zasobyip2.ore.edu.pl/pl/publications/download/13892>, 08.06.2016r.
16. Nowacka Ł.: Ergonomia i ergonomiczne projektowanie stanowisk pracy, <https://zasobyip2.ore.edu.pl/pl/publications/download/13892>, 01.01.2017
17. Plavsic M., Bubb H., Duschl M., Tonnis M., Klinker G.: Ergonomic Design and Evaluation of Augmented Reality Based Cautionary Warnings for Driving Assistance in Urban Environments, <https://pdfs.semanticscholar.org/0378/950f25bd76429dad61fff6ca466d8dd7f5ac.pdf>, 01.01.2017
18. Słomka A.: Zarządzanie bezpieczeństwem i higieną pracy, Ośrodek Szkolenia Państwowej Inspekcji Pracy, Wrocław, 2005
19. Stanton N., Hedge A., Brookhuis K., Salas E, Hendrick H.: Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods, CRC Press, Washington, 2010
20. Syberfeldt A., Danielsson O., Holm M., Wang L.: Visual Assembling Guidance Using Augmented Reality, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978915010689>, 01.01.2017
21. Włodarczyk M., Marjański A.: Bezpieczeństwo i zarządzanie kryzysowe XXI wieku – uwarunkowania, Współczesne Aspekty Zarządzania Bezpieczeństwem, Przedsiębiorczość I Zarządzanie Tom XI, Zeszyt 12, Łódź, 2010
22. Zymonik Z., Hamrol A., Grudowski P.: Zarządzanie jakością i bezpieczeństwem, Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, 2013

Mgr inż. Kinga BYRSKA-BIENIAS
 Dr inż. Marcin ZEMCZAK
 Katedra Inżynierii Produkcji
 Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej
 43-309 Bielsko-Biała, ul. Willowa 2
 tel./fax: (0-33) 827 93 49
 e-mail: kbyrska@ath.bielsko.pl,
 mzemczak@ath.bielsko.pl