

Małgorzata SŁAWIŃSKA*, Ewa WIĘCEK-JANKA*, Marcin BERLIK**,
Marta GALANT***

METODY OCENY WPLYWU KONTEKSTU SYTUACYJNEGO ZADAŃ OPERATORSKICH NA OCENĘ ERGONOMICZNOŚCI URZĄDZEŃ STEROWNICZYCH

DOI: 10.21008/j.0239-9415.2018.077.16

Dynamiczny rozwój kultury technicznej sprawia, że we współczesnych czasach ludziom w każdym wieku i niemal we wszystkich sytuacjach życiowych towarzyszą obiekty techniczne. Ich powszechność związana jest z coraz lepszym stopniem przystosowania do możliwości psychofizycznych człowieka. Ich konstrukcja stawia przed użytkownikiem wymagania, które w zależności od sytuacji mogą nawet w dużym zakresie obniżać komfort ich stosowania oraz efektywność działania użytkownika. Za ten często występujący brak równowagi między: wymaganiami obiektów technicznych i oczekiwaniami użytkowników odpowiada w znacznym stopniu element pośredniczący w komunikacji między tak rozumianymi stronami, zwany interfejsem a przede wszystkim warunki towarzyszące temu procesowi, tj. kontekst sytuacyjny, który towarzyszy wspomnianej interakcji.

Stosowany powszechnie reżim systemów wytwórczych i systemów jakości może zapewnić wyprodukowanie ergonomicznych obiektów technicznych spełniających normy jakościowe, ale zakres sposobów ich wykorzystania przez człowieka pozostaje nieograniczony. Zakres ten jest związany z indywidualnymi (osobniczymi) predyspozycjami i warunkami, w jakich użytkownik wykorzystuje dany obiekt techniczny.

Celem artykułu jest prezentacja wyników badań diagnozy ergonomicznej na stanowisku o wysokim poziomie obciążenia zadaniowego, gdzie zaobserwowano istotny wpływ kontekstu sytuacyjnego na ocenę ergonomiczności urządzeń sterowniczych.

Publikacje naukowe z obszaru diagnozowania ergonomicznego systemów człowiek–technika dostarczają wiedzy pomocnej w ocenianiu istotnych czynników, które degradują ergonomiczność obiektów technicznych. Umożliwiają tym samym określenie znaczenia kontekstu sytuacyjnego dla skutecznego funkcjonowania człowieka.

Słowa kluczowe: urządzenie sterownicze, operator, kontekst sytuacyjny, ergonomia

* Wydział Inżynierii Zarządzania Politechniki Poznańskiej.

** Doktorant, Wydział Inżynierii Zarządzania Politechniki Poznańskiej.

*** Wydział Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej.

1. WPROWADZENIE

Projektowanie ergonomicznych obiektów technicznych wymaga od inżyniera zaangażowania się w kilkietapowy proces urzeczywistnienia idei kreowania przyjaznych dla użytkownika artefaktów i pracy według różnych standardów (Bożek, et al. 2017; Kujawińska, Vogt, 2015, s. 27). W literaturze tematu spotykamy przykłady algorytmów takiego postępowania, np. u E. Tytyka (Tytyk, 2001, s. 115), który wyróżnia się blokami decyzyjnymi, odnoszącymi się do określonej kategorii czynników ergonomicznych, czy M. Butlewskiego, który uwzględnia specyficzne wymagania dla osób z ograniczeniami sprawności kończyn górnych i dolnych (Butlewski, Misztal, Belu, 2016, s. 4). Istotne w kontekście omawianego projektowania jest to, że wymagania ergonomiczne są obiektywnymi przesłankami wdrażanymi do systemów na różny sposób, np. przez niwelowanie zdiagnozowanych przeszkód w procesach komunikacji informacji (Więcek-Janka, Sławińska, 2018, s. 102). Zarówno projekty stanowisk pracy (Tytyk, 2001, s. 286; Sławińska, Butlewski, Niedźwiecki, 2016, s. 21) są realizacją wymagań normatywnych, jak i projekty poprawiają warunki funkcjonowania człowieka. Poziom ergonomiczności obiektu technicznego uzyskany w efekcie końcowym zgodnie z wybranym algorytmem zależy przede wszystkim od kompetencji i doświadczenia inżyniera. Inaczej natomiast przedstawia się sytuacja, kiedy projektowanie ma na celu obniżenie poziomu obciążenia psychicznego. Mówiąc dokładniej, kiedy należy zaprojektować warunki dostosowujące się do wymagań interakcji, czyli – zaprojektować ergonomiczne warunki dla procesów przetwarzania informacji podczas użytkowania urządzeń sterowniczych (US)¹. Ergonomiczność elementów technicznych, które pośredniczą w czynnościach wykonawczych procesów decyzyjnych w dużym stopniu zależą od cech osobniczych i kompetencji użytkownika. Trudność w tym przypadku wynika z tego, że punktem odniesienia w procesie projektowania jest osobiste doświadczenie konkretnego użytkownika i jego wiedza w tym zakresie. Większość metod, którymi wspierają się inżynierowie projektujący interfejsy systemów technicznych, wykorzystują ukierunkowany wywiad oraz szczegółowo opracowane ankiety (Sikorski, 2010, s. 334-335). W trakcie wypowiedzania się na temat różnych aspektów ergonomiczności urządzeń sterowniczych użytkownik pozyskuje nową wiedzę, wpływa to na zmienność wyrażania subiektywnej oceny (Huang, Lin, Peng, Xie, 2018, s. 74-84; Kluge, Grauel, Burkolter, 2013, s. 285-296). Zaobserwowano to zjawisko podczas eksperymentów przedstawionych na

¹ Urządzenia sterownicze (US) – wszelkie urządzenia służące do sterowania obiektami technicznymi w sposób pośredni lub bezpośredni; zaliczamy do nich m.in.: pulpity sterownicze, tablice sterownicze, dźwignie lub przyciski sterownicze. US stanowi interfejs między operatorem i obiektem technicznym, a jego uzupełnieniem jest aparatura kontrolna i pomiarowa. Charakterystyczną cechą współczesnych obiektów technicznych jest to, że są one zintegrowane urządzeniami sterowniczymi.

rysunkach o numerach 2, 3, 4 w czasie oceniania warunków użytkowania urządzeń sterowniczych przez konkretnego użytkownika podczas symulacji lotów samolotem².

Za pomocą stanowiska instruktorskiego możliwa była dowolna zmiana warunków atmosferycznych, symulacja awarii i usterek oraz prowadzenie symulacji na i w obrębie praktycznie każdego lotniska na świecie. Na rysunku 1 przedstawiono widok kokpitu w symulatorze MotionSim5. Symulator wyposażony jest w ekran z projekcją obrazu o charakterze ciągłym ($200^{\circ} \times 40^{\circ}$) uzyskanym za pośrednictwem 3 projektorów Full HD.



Rys. 1. Widok kokpitu w symulatorze CKAS MotionSim5

Pytania zawarte w liście kontrolnej na temat elementów kontekstu sytuacyjnego odnoszą się do charakterystyki środowiska informacyjnego, które występuje na każdym stanowisku pracy. Stawiane są w tym celu szczegółowe pytania dotyczące następujących zjawisk: 1) wyrazistości informacji, 2) braku zakłóceń, 3) wyróżnienia się nadrzędnej informacji na tle innych, 4) pomocy w celowych czynnościach wykonawczych, 5) występowania sytuacji zaskakującej, 6) wymagania utrzymania dużego skupienia uwagi, 7) dostępności wymaganych zasobów informacyjnych, 8) łatwości w odnajdywaniu potrzebnej informacji, 9) zachowywania potrzebnej informacji, 10) możliwości ułatwianie planowania kolejnych zadań, 11) generowanie oczekiwanego typu informacji, 12) elastycznej informacja ze względu na

² Badania w Laboratorium Badań Symulatorowych Instytutu Silników Spalinowych i Transportu Politechniki Poznańskiej prowadzone są z wykorzystaniem symulatora lotu CKAS MotionSim5. Jest to system wykorzystujący oprogramowanie i sprzęt łączący w sobie niezawodność nowoczesnego zainstalowanego na specjalnie wykonanej platformie ruchowej, z kokpitem wyposażonym w urządzenia sterujące identyczne jak urządzenia sterujące w prawdziwym samolocie lub do nich podobne [*Instrukcja użytkownika symulatora FSTD CKAS MotionSim5*, wersja 2.1 wydana 17 lipca 2015 r. przez CKAS Mechatronics].

zmienną sytuację interakcji, 13) występowania informacji budzącej niepewność, 14) podkreślenia sygnalizowania niebezpieczeństwa, 15) występowania przeszkód sytuacyjnych w użyciu US. Zestaw pytań wykorzystano w badaniach, a wyniki zilustrowano na rysunkach 2, 3, 4.

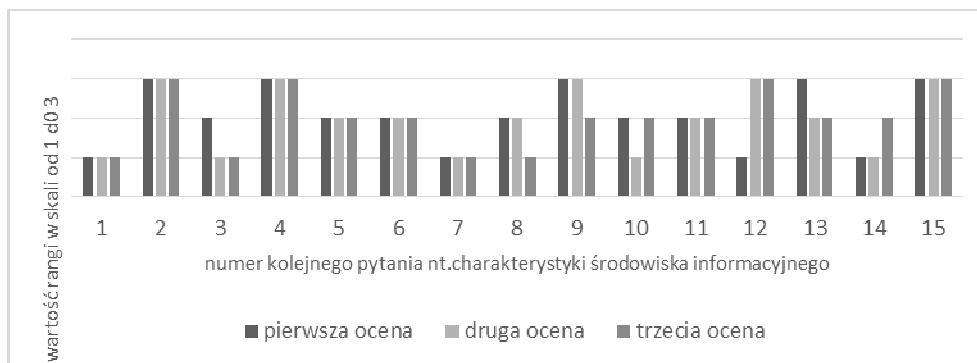
Ocenę interfejsu ze względu na charakterystykę generowanej informacji i skuteczności czynności wykonawczych dla zadań decyzyjnych przeprowadzono według trzech scenariuszy.

Pierwszy: na rysunku 2 przedstawiono wyniki badań po symulacji lotu po prostej, które polega na wykonywaniu lotu według stałych, ustalonych wcześniej parametrów. Przede wszystkim kurs, prędkość i wysokość. Zadanie operatora – pilota polegało na tym, aby odchylenia były jak najmniejsze, i żeby je jak najszybciej korygować, osiągając zadane wartości. Idealne utrzymanie parametrów jest w praktyce niemożliwe, ale należy się starać, aby oscylowały one jak najbliżej wartości zadanych. Pierwsza ocena na rysunku 2 przedstawia diagnozę po etapie próbnych lotów i przygotowywania się do eksperymentów. Druga ocena na rysunku 2 przedstawia diagnozę po symulacji lotu z siłownikami³, czyli w kontekście trudnych warunków atmosferycznych. Trzecia ocena na rysunku 2 przedstawia diagnozę w kontekście hałasu podczas generowania nieharmonicznych dźwięków w słuchawkach pilota.

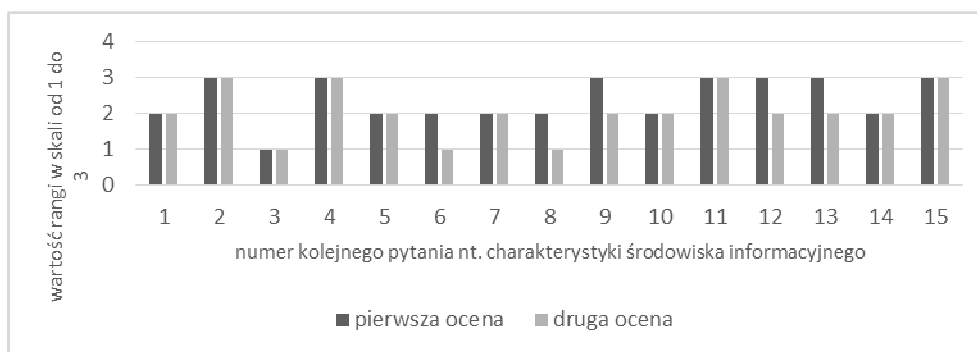
Drugi: na rysunku 3 przedstawiono wyniki badań po symulacji lotu po kręgu nadlotniskowym. Po starcie wymagane jest prowadzenie samolotu w taki sposób, aby samolot znalazł się na najdogodniejszej pozycji do lądowania i zrealizowanie procesu lądowania. Celem kręgu jest też uporządkowanie ruchu lotniczego w obrębie lotniska. Lot trwa ok. 4-6 min i jest obciążający dla pilota, poza startem i lądowaniem istotna jest optymalna budowa kręgu, tzn. jego rozplanowanie w przestrzeni i utrzymywanie zadanych parametrów takich, jak wysokość, prędkość itd. Często wymaga bieżącego korygowania, modyfikowania kształtu kręgu na bieżąco ze względu na zaistniałe błędy we wcześniejszym rozplanowaniu czy powstałe odchylenia. Pierwsza ocena na rysunku 3 przedstawia diagnozę po symulacji lotu w atmosferze turbulentnej i z siłownikami. Druga ocena na rysunku 3 przedstawia diagnozę po symulacji lotu w atmosferze turbulentnej i z siłownikami w kontekście hałasu podczas generowania nieharmonicznych dźwięków w słuchawkach pilota.

Trzeci: na rysunku 4 przedstawiono wyniki badań po symulacji lotu po kręgu. Pierwsza ocena na rysunku 4 przedstawia diagnozę po symulacji lotu w nocy bez siłowników. Druga ocena na rysunku 4 przedstawia diagnozę po symulacji lotu w nocy bez siłowników w kontekście hałasu podczas generowania nieharmonicznych dźwięków w słuchawkach pilota.

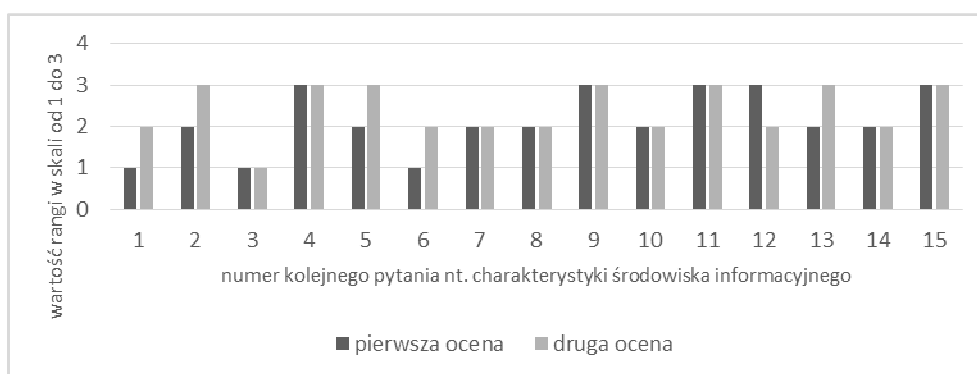
³ Siłowniki – służą do poruszania kabiny symulatora, generując przyspieszenia we wszystkich 3 osiach. Kiedy są załączone, pilot odczuwa przyspieszenia, drgania, adekwatne do sytuacji.



Rys. 2. Wyniki diagnozy ergonomicznej interfejsu pośredniczącego w zadaniach operatorskich podczas symulacji lotu po prostej (badania własne)



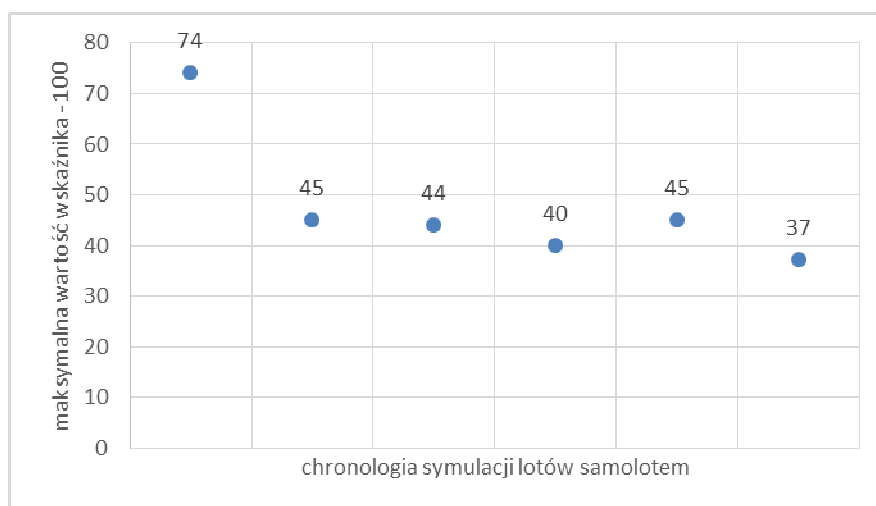
Rys. 3. Wyniki diagnozy ergonomicznej interfejsu pośredniczącego w zadaniach operatorskich podczas symulacji lotu po kręgu nadlotniskowym (badania własne)



Rys. 4. Wyniki diagnozy ergonomicznej interfejsu pośredniczącego w zadaniach operatorskich podczas symulacji lotu w nocy (badania własne)

Ocena interfejsu zaprojektowanego według wszelkich standardów ergonomicznych i wiedzy w tym zakresie jest różna, mimo że jest to opinia tej samej osoby i dotyczy krótkiego przedziału czasu. Można wyprowadzić wniosek, że interfejs był bardziej lub mniej odpowiedni w zależności od kontekstu zadaniowego, na co wskazują liczne eksperymenty w tym obszarze i udokumentowane doświadczenia przywołane w artykule.

Przystępując do rozpoznania istotności czynników ergonomicznych dla zadań operatorskich, przeprowadzono kolejne eksperymenty, które oparto na podejściu systemowym z wykorzystaniem diagnozy kompleksowej. Za odpowiedni wskaźnik obciążenia zadaniowego w tym ujęciu został przyjęty wskaźnik obciążenia zadaniowego NASA TLX⁴, na podstawie którego inżynier, badając tendencję danego wskaźnika, może ocenić skuteczność modyfikacji ergonomicznej, co ilustruje rysunek 5.



Rys. 5. Ergogram obciążenia zadaniowego operatora – pilota z wykorzystaniem wskaźnika NASA TLX w czasie interakcji z wykorzystaniem US podczas symulacji lotów samolotem (badania własne)

Na rysunkach 6–11 przedstawiono wartości zintegrowanego wskaźnika obciążenia zadaniowego zastosowanego podczas ergonomicznej modyfikacji US. Badane US stanowiło interfejs aplikacji, która została wykorzystana do pozyskiwania i przetwarzania dużej ilości informacji użytkowanej na czterech analogicznych stanowiskach badawczych.

⁴NASA (1986), *Nasa Task Load Index (TLX) v. 1.0 Manual*, Human Performance Research Group NASA Ames Research Center Moffett Field, California (415)694-6072.

Ocenę interfejsu, ze względu na charakterystykę generowanej informacji i skuteczności czynności wykonawczych dla zadań decyzyjnych, przeprowadzono według następujących scenariuszy:

- 1) Sterowanie następuje z wykorzystaniem ekranu dotykowego. Operator sterujący procesem przemieszczania się obiektu na ekranie ocenia różnice między wartością sterowaną a wartością ustaloną jako optymalną, jednocześnie uczestnicząc we zwrotnym oddziaływaniu na obiekt sterowania, w celu zmniejszenia tej różnicy.
- 2) W przypadku, kiedy położenie obiektu jest nieprawidłowe, operator przez sterowanie kursorem wpływa na zmianę współrzędnych poruszającego się obiektu.
- 3) Od operatora wymaga się śledzenia poruszającego się na monitorze obiektu po wyznaczonym torze.
- 4) Przekroczenie toru wymaga aktywnego udziału użytkownika, zwłaszcza jego wysiłku psychicznego.
- 5) Położenie kursora jest kontrolowane w sposób ciągły przez użytkownika US.

Podczas badania poziomu obciążenia zadaniowego zaobserwowano następujące zjawiska: a) na skuteczność projektowania ergonomii US w dużym stopniu wpływa osobiste zaangażowanie użytkownika US; b) duże różnice w efektywności modyfikacji ergonomii US zaobserwowano między użytkownikami o wysokich kompetencjach w zakresie ergonomii i użytkownikami o niskiej wiedzy na ten temat – na stanowisku A i B względem siebie (rysunek 6 i 7); c) na zmniejszenie liczby cykli modyfikacji ergonomii warunków pracy operatorskiej istotny wpływ mają specyficzne cechy osobowości⁵ takie jak: uzdolnienie, emocje, cechy temperamentu. Jak widać na rysunkach 6–11, dopiero po 15 cyklach modyfikacji ergonomii US, nastąpiło ustalenie się wskaźnika poziomu ergonomii i uzyskano brak zmiany w jego kierunkowej tendencji. Ergonomiczne modyfikacje zostały poddawane czynnikom z następujących obszarów: środowiska informacyjnego, przestrzeni działania, metod motywacji oraz czynników organizacyjnych.

Można zatem postawić hipotezę: *Na ocenę ergonomii urządzeń sterowniczych (US), które pośredniczą w zadaniach typu operatorskiego, istotny wpływ ma kontekst użycia interfejsu.* Są to elementy otoczenia przestrzeni działania użytkownika, które tworzą dynamiczne relacje z czynnościami wykonawczymi procesów decyzyjnych.

2. ELEMENTY KONTEKSTU SYTUACYJNEGO ZADAŃ OPERATORSKICH

Operator urządzeń sterowniczych jest osobą podejmującą działania z wykorzystaniem urządzeń pośredniczących, tzn., że wykonuje zadania, w których dominują

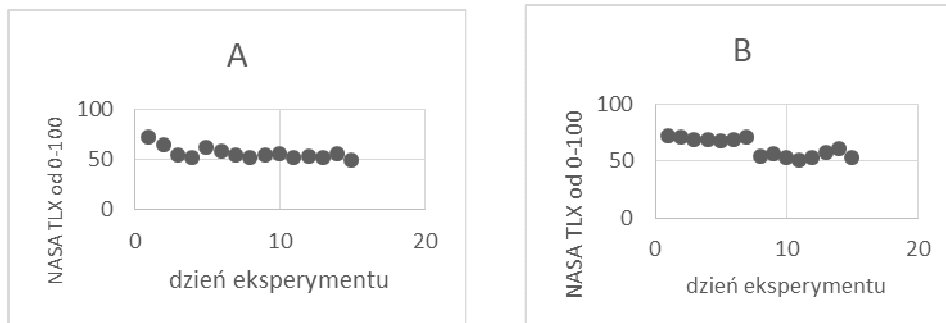
⁵ Osobowość – zbiór cech i sposobów zachowania, które są charakterystyczne dla jednostki i wyrażają się w jej relacjach ze światem.

procesy odbioru i przetwarzania informacji, a nie czynności fizyczne. Chcąc zatem zapewnić wysoki poziom ergonomii interakcji operator–interfejs, wymagane staje się rozpoznanie jakości środków zapewniających prawidłowy przebieg procesów informacyjnych, na który składają się następujące czynniki: środowisko informacyjne oraz otoczenie materialne i czynniki techniczno-organizacyjne przestrzeni działania operatora US (Sławińska, 2010, 187-214). Liczebność i różnorodność poszczególnych kategorii czynników, wymaga od inżynierów projektujących US wieloetapowego postępowania twórczego w ujęciu systemowym. Przyjęto, na podstawie wniosków z badań, że analiza zjawisk określanych kontekstem sytuacyjnym, jest źródłem wiedzy o relacjach systemowych, które degradują jakość ergonomiczną interakcji. W grupie interesujących znalazły się następujące zjawiska: doświadczenie użytkownika, bodźce utrudniające utrzymanie uwagi, szum informacyjny, nadmierna motywacja oraz dodatkowe zadania.

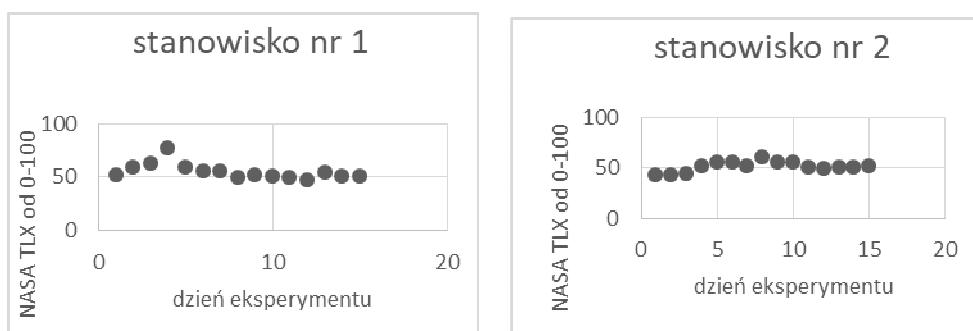
Wyniki oceny interfejsu, ze względu na kontekst sytuacyjnego podczas czynności wykonawczych dla zadań decyzyjnych, zaprezentowano na rysunkach 6–11.

- 1) Na rysunku 6 i 7, można zaobserwować natychmiastową skuteczność modyfikacji, która przynosi poprawę efektów na stanowisku A, gdzie użytkownik ma większe doświadczenie w ergonomii względem użytkownika na stanowisku B. Na stanowiskach 1, 2, 3 i 4 (rysunki 8–11), zaobserwowano początkowe pogarszanie się oceny. Po uzyskaniu wstępnego poziomu kompetencji w zakresie ergonomii, wymiana informacji między inżynierem, a użytkownikiem zaczęła przynosić oczekiwane efekty, różne jednak dla każdego użytkownika (rysunki 7, 8, 9, 10 i 11).
- 2) Na rysunku 8 (stanowisko 1), przedstawiono przebieg badań, podczas których w procesie modyfikacji ergonomicznej wykorzystano opis sytuacji kontekstowej z wykorzystaniem tzw. fotografii dnia roboczego. Szczegółowa wiedza na temat zjawisk towarzyszących interakcji i chronologii zadań wpłynęła na efektywność modyfikacji (już 6 dnia eksperymentu nastąpiło ustalenie się wartości wskaźnika poziomu obciążenia).
- 3) Na rysunku 9 (stanowisko 2), przedstawiono przebieg badań, podczas których zaobserwowano wpływ znajomości instrukcji użycia US na ustalenie się wartości wskaźnika poziomu obciążenia.
- 4) Na rysunku 10 (stanowisko 3), przedstawiono wartości wskaźnika poziomu obciążenia w ciągu trzech tygodni, podczas których 6 razy uruchamiano procedury awaryjne. Modyfikacja ergonomiczna odnosiła się zatem do interakcji w warunkach ekstremalnych.
- 5) Na rysunku 11 (stanowisko 4), przedstawiono wartości wskaźnika poziomu obciążenia dla sytuacji, w której użytkownik uczestniczył aktywnie w tworzeniu modelu informacyjnego⁶.

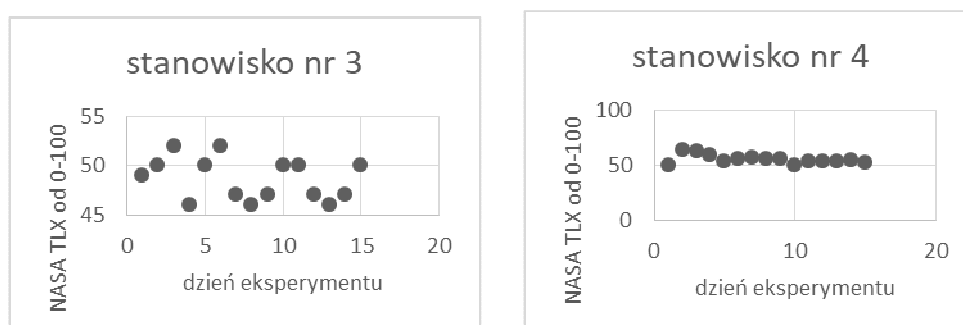
⁶ Model informacyjny jest to zbiór informacji, z którego człowiek korzysta w czasie użytkowania systemu, oceniając bieżące sytuacje i podejmując odpowiednie decyzje.



Rys. 6 i 7. Ergogram użytkownika oprogramowania dedykowanego do zadań pozyskiwania i przetwarzania informacji w czasie sterowania ręcznego z wykorzystaniem ekranu dotykowego w ciągu 15 dni eksperymentu w okresie 3 tygodni (badania własne; stanowisko pracy osoby będącej ekspertem w dziedzinie ergonomii: A – z doświadczeniem zawodowym użytkownika US – 27 lat; B – z doświadczeniem zawodowym użytkownika US – 2 lata)



Rys. 8 i 9. Ergogram użytkownika oprogramowania dedykowanego do zadań pozyskiwania i przetwarzania informacji w czasie sterowania ręcznego z wykorzystaniem ekranu dotykowego (badania własne; stanowisko eksperymentalne 1 i 2, w kolejnych dniach eksperymentu)

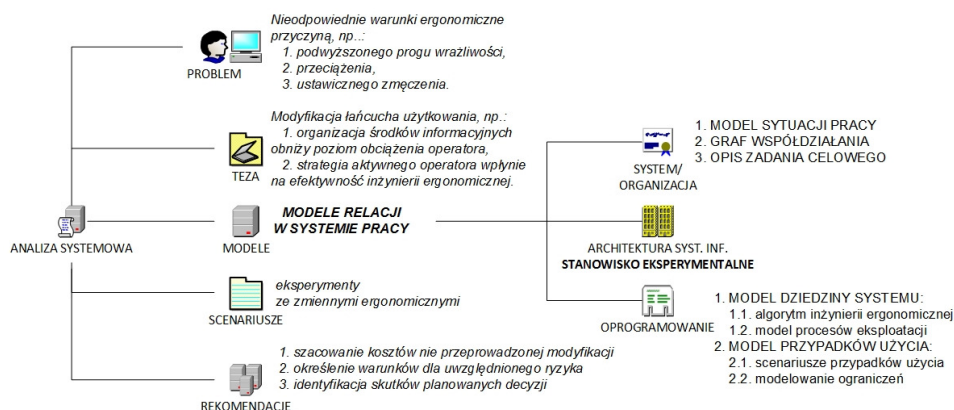


Rys. 10 i 11. Ergogram użytkownika oprogramowania dedykowanego do zadań pozyskiwania i przetwarzania informacji w czasie sterowania ręcznego z wykorzystaniem ekranu dotykowego (badania własne; stanowisko eksperymentalne 3 i 4, w kolejnych dniach eksperymentu)

Bazując wyłącznie na wskaźnikach systemowych (tu: NASA TLX) nie można było obserwować skuteczność modyfikacji ergonomicznej. Utracona została możliwość śledzenia poziomu spełnienia wymagań ergonomicznych w zakresie szczegółowych kryteriów projektowych. Rozwiązaniem dla tego problemu było utworzenie warunków dla czynnego uczestnictwa użytkownika we współbieżnym projektowaniu i diagnozowaniu. Automonitorowanie modyfikacji ergonomiczności US przez operatora w czasie kolejnych cykli projektowania umożliwiło uzyskanie kompetencji, dzięki którym odpowiedzi użytkownika stały się adekwatne do rzeczywistych warunków i nabrały znaczenia dla projektowania ergonomiczności. W takiej sytuacji, liczba powtórzeń w procesie projektowania stała się odwrotnie proporcjonalna do wielkości doświadczenia użytkownika w tym zakresie. Należy pamiętać, że zasadniczym problemem podczas modyfikacji ergonomicznej obiektów technicznych jest nieograniczona liczba modyfikacji tzn., sposobów wprowadzania koncepcji ergonomicznych zmian. Dla poprawy efektywności procesu projektowania, pożądane jest ukierunkowane postępowanie, które wynika z rozpoznania relacji systemowych wynikających z kontekstu sytuacyjnego interakcji.

3. SPECYFIKA ERGONOMICZNEJ MODYFIKACJI URZĄDZEŃ STEROWNICZYCH

Sposób prowadzenia ergonomicznej modyfikacji US jest wieloetapowy, ponieważ łączy wstępne założenia projektu inżynierskiego wynikające z ogólnych norm i szczegółowe osobnicze doświadczenie użytkownika obiektu technicznego. Należy zauważyć, że algorytm projektowania ergonomicznych obiektów technicznych ma charakter iteracyjny. Obejmuje wiele cykli modyfikacji ze względu na trudny do osiągnięcia cel: „obniżenie obciążenia psychicznego” i ekonomiczne wymagania realistycznych rozwiązań. Dodatkowo, po każdym cyklu celowych modyfikacji wymagana jest diagnoza ergonomiczna, w wyniku której podczas walidacji zaimplementowanych zmian, wymaga się podejmowania decyzji dotyczących zakończenia procesu projektowania lub jego dalszej opłacalnej modyfikacji (Sławińska, 2011, s. 110-116). Możliwe są iteracje, w których inżynier wycofuje się z wprowadzanych zmian (Chang, Wang, 2010, s. 54-62). Podstawową metodą, dzięki której następuje wyraźne skrócenie procesu projektowania, jest implementacja analizy systemowej (rysunek 12). Umożliwia ona współbieżną **ocenę wpływu kontekstu sytuacyjnego zadań operatorskich na ocenę ergonomiczności urządzeń sterowniczych**. Analiza systemowa zapewnia równoczesny dostęp do informacji z następujących etapów projektowania: definiowania celów, opracowywania kryteriów oceny modyfikacji, charakteryzowania wstępnych założeń oraz eksperymentów i walidacji.



Rys. 12. Schemat relacji w procesie projektowania ergonomicznych urządzeń sterowniczych (Sławińska, 2018, s. 108)

Proces projektowania zbudowany na strukturze analizy systemowej pozwala osiągnąć takie rozwiązanie, które jest wynikiem integracji ogólnych założeń i indywidualnych ocen otrzymanych podczas diagnozowania, a równocześnie dostosować projekt do jednostkowych wymagań systemowych. Jeżeli ocenę ergonomiczności uzyskamy z wykorzystaniem metody modelowania zjawisk towarzyszących, to wówczas uzyskujemy wiedzę, dzięki której modyfikacja jest ściśle ukierunkowana, szybsza i prawdopodobnie tańsza. Metody wykorzystujące dokumentowanie wpływu kontekstu sytuacyjnego na funkcjonowanie człowieka dają gruntowną podstawę dla efektywnej modyfikacji US, ponieważ będą obejmowały indywidualne problemy użytkowników. Projektowanie US na płaszczyźnie analizy systemowej tworzy środowisko integracji następujących elementów: z rozpoznanego jednostkowego problemu (1), z rozpoznaną i postawioną tezą (2), którą udowadnia się z wykorzystaniem przyjętych modeli badanych zjawisk (3) oraz eksperymentów (4) i rekomendacji (5), które potwierdzą przyjętą tezę, co w sposób syntetyczny przedstawiono na rysunku 12.

Ad 1. Przyczyny problemów podczas użytkowania US wynikają z wielu czynników o bardzo różnej naturze np.: czynniki materialnego środowiska, cechy osobowości oraz struktura materialnych elementów przestrzeni (Olio, Ibeas, Barreda, Sañudo, 2013, s. 157-166).

Ad 2. Stawiając tezę inżynier buduje koncepcję rozwiązania problemu i równocześnie projektuje mechanizmy weryfikacji zaplanowanego rozwiązania.

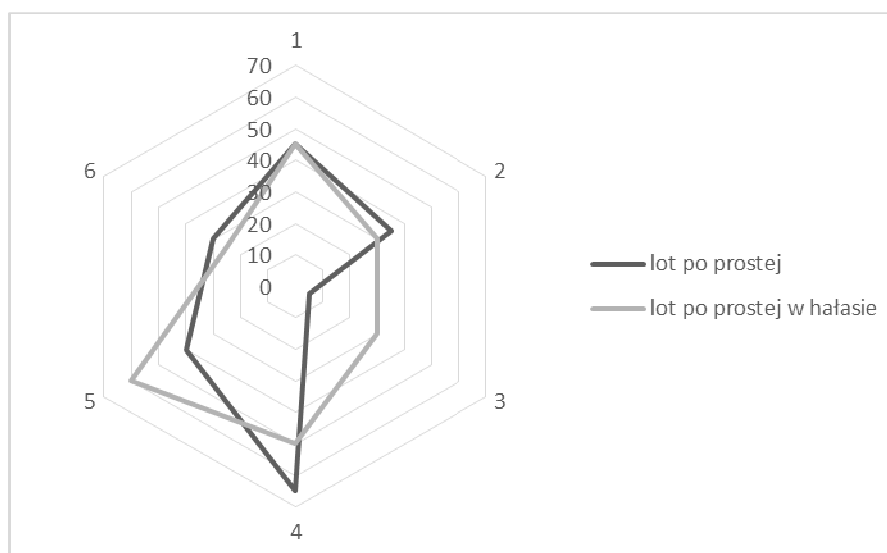
Ad 3. Udokumentowanie relacji istotnych dla rozwiązania problemów antropotechnicznego systemu, wymaga dynamicznego modelowania zjawisk towarzyszących użytkowaniu US i wdrażania różnych naukowych metod i narzędzi analitycznych (Sławińska, 2014, s. 1375-1383).

Ad 4. Systemy, dla których celem modyfikacji ergonomicznej jest poprawa warunków decydujących o przeciążeniu psychicznym, wymagają zastosowania subiektywnych metod oceny i utworzenia warunków dla osobistego doświadczenia uciążliwości (Norazahar, Smith, Khan, Veitch, 2018, s. 621-628, (Filho, Carvalho, Portela, Costa, 2015, s. 1780-1787). W konsekwencji czego, od projektanta wymaga się zaplanowania i przeprowadzenia eksperymentów w analogicznych warunkach funkcjonowania użytkownika US.

Ad 5. Na diagnozę ergonomiczną składają się liczne kryteria oceny, dlatego ze względu na ważność grupy wybranych kryteriów, wymagana jest ich walidacja i weryfikacja konkretnych rozwiązań podczas użytkowania US.

Monitorowanie kontekstu sytuacyjnego współbieżnie do modyfikacji ergonomicznej jest warunkiem koniecznym dla uzyskania wyższej ergonomiczności zadań operatorskich. Udostępnienie szczegółowych informacji o relacjach między modyfikowanymi warunkami interakcji a subiektywną ich oceną wyraźnie skraca długotrwałość procesu poprawy ergonomiczności US (Naderpour, Lu, Zhang, 2014, s. 209-224). Wykorzystywanie przez projektantów różnych form szczegółowych informacji prezentują poniższe przykłady:

Przykład 1: informacja przedstawiona na rysunku 13 z równoczesną wiedzą o tendencji wskaźnika systemowego – wartość 74 na rysunku 5, uzasadnia kompleksową diagnozę ergonomiczną, obserwację przestrzeni zadań operatora oraz obserwację jego organizacji pracy;



Rys. 13. Graficzna prezentacja subiektywnej oceny obciążenia zadaniowego operatora-pilota podczas symulacji lotu po prostej, oparta na sześciu skalach (1 – obciążenie umysłowe, 2 – obciążenie fizyczne, 3 – presja czasu, 4 – wydolność, 5 – wysiłek, 6 – frustracja). Równoczesna prezentacja ocen z wprowadzonym dodatkowym czynnikiem obciążającym operatora-pilota

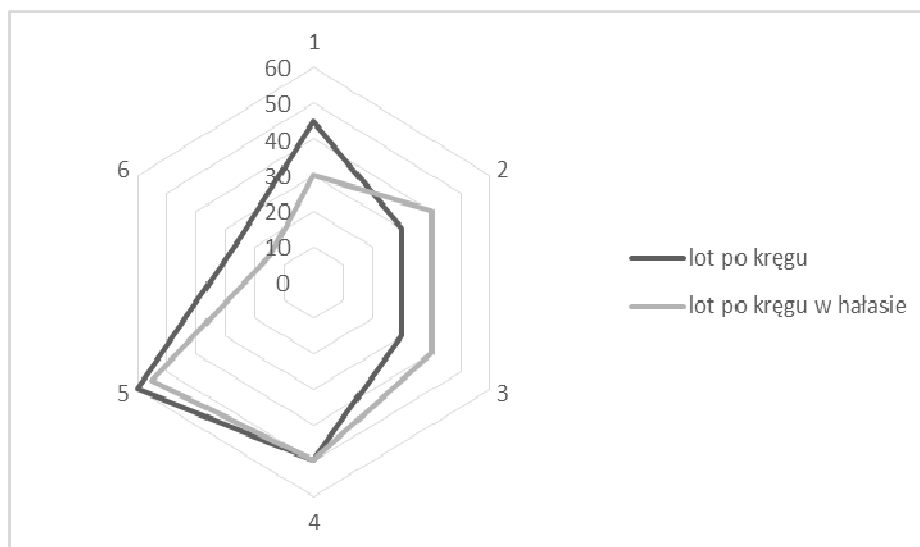
Przykład 2: informacja przedstawiona na rysunku 13 (seria ze źródłem hałasu) z równoczesną wiedzą o tendencji wskaźnika systemowego – wartość 45 na rysunku 5 – kieruje uwagę inżyniera na problem organizacji szkoleń pilota;

Przykład 3: informacja przedstawiona na wykresie 12 z równoczesną wiedzą o tendencji wskaźnika systemowego – wartość 44 na rysunku 14 – kieruje uwagę inżyniera na badania relacji przestrzennych, tzw. podejście etnograficzne i na modyfikację wpływającą na utrzymanie poziomu uwagi pilota;

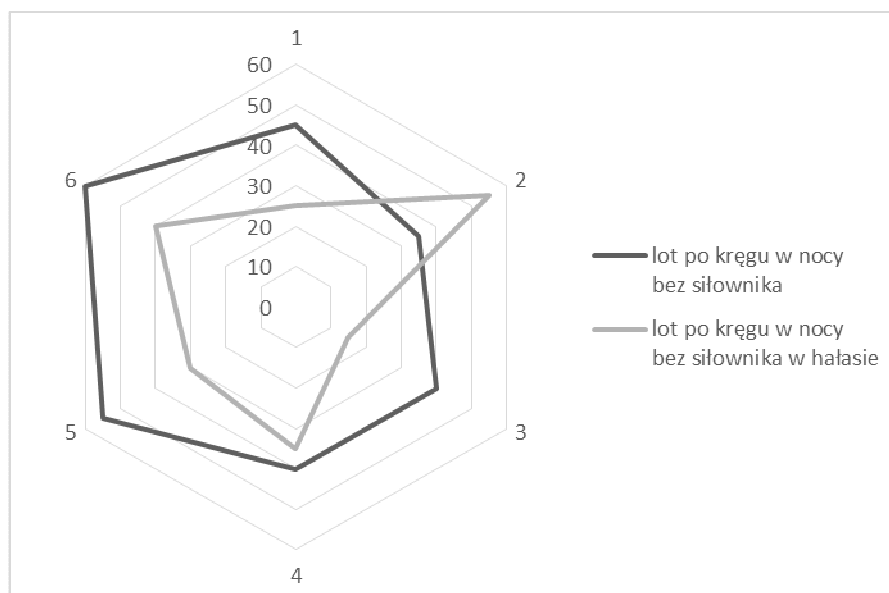
Przykład 4: informacja przedstawiona na rysunku 14 (seria ze źródłem hałasu) potwierdza uwagi odnoszące się do prezentacji informacji na rysunku 13;

Przykład 5: informacja przedstawiona na rysunku 15 z równoczesną wiedzą o tendencji wskaźnika systemowego – wartość 45 na rysunku 5, kieruje zainteresowanie inżyniera modelem informacyjnym operatora US i poszukiwaniem środków zmniejszających presję czasu;

Przykład 6: informacja przedstawiona na rysunku 15 (seria ze źródłem hałasu) z równoczesną wiedzą o tendencji wskaźnika systemowego – wartość 37 na rysunku 5, kieruje rozwiązania inżyniera w stronę organizacji szkoleń i treningów operatora.



Rys 14. Graficzna prezentacja subiektywnej oceny obciążenia zadaniowego operatora-pilota podczas symulacji lot po kręgu nadlotniskowym, oparta na sześciu skalach (1 – obciążenie umysłowe, 2 – obciążenie fizyczne, 3 – presja czasu, 4 – wydolność, 5 – wysiłek, 6 – frustracja). Równoczesna prezentacja ocen z wprowadzonym dodatkowym czynnikiem obciążającym operatora-pilota



Rys. 15. Graficzna prezentacja subiektywnej oceny obciążenia zadaniowego operatora – pilota podczas symulacji lotu w nocy bez siłowników oparta na sześciu skalach (1 – obciążenie umysłowe, 2 – obciążenie fizyczne, 3 – presja czasu, 4 – wydolność, 5 – wysiłek, 6 – frustracja). Równoczesna prezentacja ocen z wprowadzonym dodatkowym czynnikiem obciążającym operatora–pilota

Jeżeli zostaną wykorzystane mechanizmy automonitorowania (zaangażowanie użytkownika US w projektowanie – autoprojektowanie) oparte na strukturze analizy systemowej i z zastosowaniem metod oceny wpływu kontekstu sytuacyjnego zadań operatorskich na ocenę ergonomiczności urządzeń sterowniczych, to wówczas powstaną warunki efektywnej inżynierii ergonomicznej US.

4. PODSUMOWANIE

Syntetyczna ocena ergonomiczności US uzyskana na podstawie zintegrowanego wskaźnika, umożliwi śledzenie trendu jego zmian i poprawę efektywności modyfikacji systemu: operator – US – otoczenie. Natomiast zapewnienie równoczesnego dostępu do informacji na temat wskaźników cząstkowych prowadzi do ukierunkowania decyzji inżynierskich i przyspieszenia wdrażania końcowego rozwiązania. Sprawdzonym podejściem w tej koncepcji jest dopełnienie wiedzy inżyniera na drodze studiowania opisów kontekstu sytuacyjnego zadań operatorskich.

Zastosowanie analizy systemowej przyczynia się do budowy płaszczyzny integracji różnego rodzaju informacji współbieżnie do diagnozowania ergonomicznego

US. Dzięki metodom modelowania relacji systemowych, takim jak: fotografia dnia, chronometraż, graf współdziałania, struktura celów, algorytm inżynierii ergonomicznej, modele procesów eksploatacji obiektów technicznych oraz scenariusze przypadków użycia następuje połączenie informacji o specyficznych cechach systemu operator - US z danymi nt. poziomu poprawy jego ergonomiczności.

LITERATURA

- Bożek, M., Kujawińska, A., Rogalewicz, M., Diering, M., Gościński, P., Hamrol, A. (2017). *Improvement of catheter quality inspection process*, MATEC Web of Conferences 121, 05002 (2017), 8th International Conference on Manufacturing Science and Education–MSE 2017 “Trends in New Industrial Revolution”. DOI: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201712105002>.
- Butlewski, M., Misztal, A., Belu, N. (2016). *An analysis of the benefits of Ethnography Design methods for product modeling*, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 145 (2016) 042023, IOP Publishing.
- Chang, Y.H., Wang, Y.Ch., (2010). *Significant human risk factors in aircraft maintenance technicians*. Safety Science, 48, 54-62.
- Filho, S.Á., Carvalho, A.C.F., Portela, G.P.J., Costa C. (2015). *Learning Environment to Take Operational Decision in Emergency Situation*. Procedia Manufacturing, 3, 1780-1787.
- Huang, M., Lin, J., Peng, Y., Xie, X. (2018). *Design a batched information retrieval system based on a concept-lattice-like structure*. Knowledge-Based Systems, 150, 74-84.
- Kluge, A., Grauel, B., Burkolter, D. (2013). Combining principles of Cognitive Load Theory and diagnostic error analysis for designing job aids: Effects on motivation and diagnostic performance in a process control task. *Applied Ergonomics*, 44, 2, 285-296.
- Kujawińska, A., Vogt, K. (2015). Human factors in visual control, *Management and Production Engineering Review*, 6 (2), 25-31.
- Naderpour, M., Lu, J., Zhang, G. (2014). The explosion at institute: Modeling and analyzing the situation awareness factor. *Accident Analysis & Prevention*, 73, 209-224.
- NASA (1986). *Nasa Task Load Index (TLX) v. 1.0 Manual*, Human Performance Research Group NASA Ames Research Center Moffett Field. California (415), 694-6072.
- Norazahar, N., Smith, J., Khan, F., Veitch, B. (2018). The use of a virtual environment in managing risks associated with human responses in emergency situations on offshore installations. *Ocean Engineering*, 147, 621-628.
- Olio, L., Ibeas, A., Barreda, R., Sañudo, R. (2013). Passenger behavior in trains during emergency situations. *Journal of Safety Research*, 46, 157-166.
- Sikorski, M. (2010). *Interakcja człowiek-komputer*. Warszawa: Wydawnictwo PJWSTK.
- Sławińska, M. (2010). Organization of supply chain decision-making processes in the strategy of time competing. M. Fertsch, K. Grzybowska (eds.), *Logistics in the enterprises-selected aspects*. Poznań: Publishing House of Poznan University of Technology, 187-214.
- Sławińska, M. (2011). *Reengineering ergonomiczny procesów eksploatacji zautomatyzowanych urządzeń technologicznych (ZUT)*. Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej.

- Sławińska, M. (2014) *Znaczenie modeli zadaniowych w szkoleniu operatorów obiektów technicznych*. In: Logistyka-nauka, Logistyka, 5.
- Sławińska, M. (2018). *Ergonomic Engineering of Technological Devices*. Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej (w druku).
- Sławińska, M., Butlewski, M., Niedźwiecki, M. (2014). 3D Laser Models for the Ergonomic Assessment of the Working Environment. In: R.H.M. Goossens (ed.), *Advances in Social & Occupational Ergonomics, Advances in Intelligent Systems and Computing*, 487, 15-24, DOI 10.1007/978-3-319-41688-5.
- Tytyk, E. (2001). *Projektowanie ergonomiczne*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 115.
- Więcek-Janka, E., Sławińska, M. (2018). *Improvement of Interactive Products Based on an Algorithm Minimizing Information Gap*. *Advances in Social & Occupational Ergonomics*, Editors: Richard H.M. Goossens, Part of the *Advances in Intelligent Systems and Computing* book series (AISC, volume 605), Proceedings of the AHFE 2017 International Conference on Social & Occupational Ergonomics, DOI: 10.1007/978-3-319-60828-0.

METHODS OF ASSESSING THE IMPACT OF THE CONTEXT OF OPERATOR TASKS ON THE ASSESSMENT OF THE ERGONOMICS OF CONTROL DEVICES

Summary

The dynamic development of technical culture results in people of all ages and walks of life spending most of their life in the company of technical objects. These technical objects are characterized by a determined range of adaptation to human mental and physical abilities. Their construction presents requirements that might significantly lower ease of use or user efficiency – depending on the given situation. This frequently occurring imbalance between the requirements of technical objects and the expectations of their users often results from the element intermediating in the communication between these parties. This mediator is the interface, as well as the conditions surrounding this process, i.e. the so-called situational context that accompanies this interaction. The regimen of production systems and quality systems can ensure the production of ergonomic technical objects, however the range of ways for humans to use them remains unlimited. This range is connected to individual (personal) predispositions and the conditions in which the user is using the given technical object. Scientific publications from the field of ergonomic diagnosis of human-machine systems provide knowledge that is helpful in the assessment of important factors that reduce the ergonomic quality of technical objects. They facilitate establishing the importance of the situational context for the efficient functioning of man that uses technical objects in everyday practice and initiates interactions while controlling these objects.

Keywords: control device, operator, context of use, ergonomics