

Czynnik ludzki w lotnictwie

Ryszard Makarowski*
Instytut Psychologii Uniwersytetu Gdańskiego

THE HUMAN FACTOR IN AVIATION

Abstract. The purpose of the research was to verify the presented theoretical model of the human factor in aviation. The paper presents a theoretical model of the human factor from a psychological perspective. This model includes the following mutually interacting factors: the subjective factor, the situational factor, risk, stress, errors, accidents and catastrophes. The relations between elements are presented graphically. The model was verified by completing a confirmation, exploratory analysis. The obtained goodness-of-fit indices indicate that the model is very well fitted to the data. The participants of the study were 318 glider and airplane pilots. The theoretical model of the human factor in aviation can be used to optimize the psychological conditions of the functioning of pilots and other persons who perform professions involving high risk and stress.

Czynnik ludzki zawsze wiązał się z wypadkami i katastrofami lotniczymi. Pierwsza katastrofa lotnicza, w której zginął pilot, wydarzyła się w 1908 roku. Było to po upływie pięciu lat od chwili startu pierwszego samolotu braci Orville i Wilbura Wright. W następnym roku zginęło już trzech pilotów, w 1910 roku – 30, w 1911 – 79, w 1912 – 143, w 1913 – 200. W 1923 roku jeden wypadek śmiertelny przypadał na 500 godzin lotu (Makarowski, 2008, s. 107). W Polsce w latach 1921-1939 w lotnictwie wojskowym zginęło 502 lotników, w latach 1958-1997 – 436 pilotów wojskowych, zniszczeniu uległo zaś 691 samolotów, co oznacza, że w ciągu jednego miesiąca ginęło w wypadkach lotniczych dwóch pilotów wojskowych ($436 : 20 \text{ lat} \times 12 \text{ miesięcy} = 1,81$) (Klukowski, Kowalski, Żebrowski, 2005, s. 177). Podczas II wojny światowej stwierdzono, że przyczyną dużej liczby wypadków lotniczych była zła konfiguracja instrumentów pokładowych na tablicy przyrządów w kabinie pilota. Dało to początek naue o czynniku ludzkim, którą żartobliwie określano

* Adres do korespondencji: Ryszard Makarowski, Instytut Psychologii, Uniwersytet Gdański, ul. Bażyńskiego 4, 80-952 Gdańsk; e-mail: makarowski@univ.gda.pl

również nauką o przyciskach, pokrętłach i suwakach. W 1957 roku utworzono w Stanach Zjednoczonych Human Factors Society (Towarzystwo Czynnika Ludzkiego), główną organizację zawodową stowarzyszającą praktyków zajmujących się czynnikiem ludzkim i ergonomią. W 1992 roku stowarzyszenie to zmieniło nazwę na Stowarzyszenie Czynnika Ludzkiego i Ergonomii (Makarowski, 2010, s. 186-194).

W światowym lotnictwie komunikacyjnym w 2008 roku czynnik ludzki był przyczyną 45% wszystkich wypadków lotniczych (materiały Krajowej Konferencji Bezpieczeństwa Lotów Lotnictwa Cywilnego, Warszawa, 17.03.2009). W latach 2003-2008 w Polsce, jak i w pozostałych krajach członkowskich ICAO (Międzynarodowa Organizacja Lotnictwa Cywilnego) czynnik ludzki był przyczyną 73% wypadków w lotnictwie cywilnym. Udział czynnika ludzkiego – w zależności od rodzaju lotnictwa (komunikacyjne, sportowe, wojskowe) – w wypadkach i katastrofach lotniczych wynosi od 45 do 90%.

Definicje czynnika ludzkiego są zróżnicowane. Podzielić je można na:

- definicje zawarte w literaturze naukowej (np. Beatty, 1998; Błuszczynski, 1977; Chapanis, 2009; Dempsey, Wogalter, Hancock, 2000; Garrett, Teizer, 2009; Harle, 2001; Harris, 2004; Jarvis, Harris, 2009; Meister, 1989; Marx, Graeber, 2001; Rasmussen, 1982; Reason, 1990; Salas, Maurino, 2010; Truszczynski, 2002; Truszczynski, Biernacki, 2010; Wiener, 1989; Wilson, 2000; Zink, 2006);

- definicje pochodzące ze stowarzyszeń naukowych (np. International Ergonomics Association, http://www.iea.cc/01_what/What%20is%20Ergonomics.html – 09.02.2012; Human Factors and Ergonomics Society, <http://www.hfes.org/Web/EducationalResources/HFEdefinitionsmain.html> – 09.02.2012; Polskie Towarzystwo Ergonomiczne, <http://www.ergonomia-polska.com/> – 09.09.2012);

- definicje z agencji rządowych (np. National Academy of Sciences USA, http://www.2-sir.com/Human_Factors/ – 09.02.2012; National Aeronautics and Space Administration (NASA), http://humanfactors.arc.nasa.gov/awards_pubs/hf101.php – 09.02.2012; Federal Aviation Administration USA (FAA), <http://www.hf.faa.gov/docs/508/docs/HForder.pdf> – 09.02.2012);

- definicje pochodzące z otwartych źródeł (np. Reber, Reber, 2008, s. 133; wikipedia: hasło *human factors* lub *ergonomics*);

- definicje ze stron internetowych (np. strona Usernomics/Interface Analysis Associates, <http://www.usernomics.com/ergonomics-faq.html#hf> – 09.02.2012; strona The Human Factor and Advocate, <http://www.thehumanfactorblog.com/2009/03/16/the-many-definitions-of-human-factors-and-ergonomics/> – 09.02.2012).

Z klasyfikacją istniejących definicji wiąże się ten problem, że nie ma wyraźnej różnicy między pojęciami ergonomia i czynnik ludzki. W 1949 roku w Wielkiej Brytanii powstało Towarzystwo Ergonomiczne, a w 1957, w Stanach Zjednoczonych, podobne towarzystwo naukowe, które użyło w swojej nazwie terminu *human factor*. Oba te towarzystwa zajmują się od początku tym samym. Poszczególne kraje europejskie i pozostałe kraje świata, z wy-

jątkiem Stanów Zjednoczonych, zaczęły używać nazwy Towarzystwo Ergonomiczne. W 1992 roku Amerykanie dokonali korekty nazwy, która polegała na dodaniu słowa „ergonomia” do istniejącej nazwy, stąd nazwa *human factor and ergonomics*. Obecnie amerykańskie towarzystwo nazywa się towarzystwem czynnika ludzkiego i ergonomii, a właściwie ergonomicznym i ergonomicznym, bo tak można to w konsekwencji przetłumaczyć (Makarowski, 2010, s. 193).

„Towarzystwo przyjęło w 1957 roku nazwę jako Human Factors Society of America. Jego nazwa została następnie zmieniona na The Human Factors Society Inc., aby odzwierciedlać międzynarodowy charakter członkostwa. W 1992 nazwa została ponownie zmieniona na The Human Factors and Ergonomics Society” (www.hfes.org/WEB/AboutHFES/history.html – 10.02.2012).

W literaturze przedmiotu warto są odnotowania cztery rodzaje definicji pojęcia „czynnik ludzki”:

1. Czynnik ludzki jako dyscyplina naukowa dotycząca interakcji człowieka z innymi elementami sytuacji (wyposażenie, zadania, osoby, środowisko fizyczne), skupiająca się na postrzeganiu i przetwarzaniu informacji (np. Chapanis, 1996, s. 11; Instytut Techniki Lotniczej 2007, s. 5; Międzynarodowe Stowarzyszenie Ergonomiczne; <http://www.iea.cc/ergonomics/>, www.ergonomia-polska.com/07_03_ergonomia.htm – 15.02.2012; Zink, 2006, s. 437).

2. Czynnik ludzki jest zastosowaniem informacji o człowieku do projektowania narzędzi, maszyn, systemów, zadań, prac i środowisk dla bezpiecznego, wygodnego i efektywnego użycia ich przez ludzi (np. Dempsey, Wogalter, Hancock, 2000, s. 6; Edwards, 1988, s. 410 – za: Morawski, 2005; Nickerson, 1992, s. 2).

3. Czynnik ludzki jako nazwa specjalności zawodowej, która bada relacje człowiek–maszyna. Jest on dziedziną psychologii zarządzania i organizacji, w tym psychologii przemysłowej (Reber, Reber, 2008, s. 133; Zink, 2006, s. 437; Międzynarodowe Stowarzyszenie Ergonomiczne, www.ergonomia-polska.com/07_03_ergonomia.htm – 15.02.2012).

4. Czynnik ludzki jako nieadekwatne działanie człowieka skutkujące błędem (Błoczyński, 1977, s. 472; Instytut Techniki Lotniczej, 2007, s. 151; Truszczyński, Biernacki, 2010).

Ostatni z podanych wyżej rodzajów definicji jest najbardziej znany, ponieważ takie rozumienie czynnika ludzkiego jest nagłaśniane po zaistnieniu każdego wypadku lotniczego.

Zarządzeniem nr 14 Prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego w sprawie wprowadzenia klasyfikacji grup przyczynowych zdarzeń lotniczych z dnia 14 grudnia 2006 roku (Dz.Urz. ULC z 2006, nr 10, poz. 43) wprowadzono do praktyki kategorie przyczynowe zdarzeń lotniczych, a w ramach tychże kategorii grupy przyczynowe. Powszechnie przyjmuje się cztery podstawowe kategorie przyczynowe wypadków lotniczych, którymi są: (1) **czynnik ludzki**, (2) czynnik organizacyjny, (3) czynnik techniczny oraz (4) czynnik środowiskowy. Szacuje się, że czynnik ludzki stanowi główną przyczynę powstania wypadków i katastrof lotniczych, co świadczy o skali problemu. W myśl

powołanego zarządzenia, przez czynnik ludzki rozumie się grupę przyczynową, odnoszącą się tylko do personelu latającego.

W tabeli 1 przedstawiono grupy przyczynowe w kategorii „Czynnik ludzki”, które odnoszą się do personelu latającego, gdzie podano przykłady działania bądź zaniechania związane z czynnikiem ludzkim w lotnictwie.

Tabela 1.
Grupy przyczynowe i opisy przykładowych zdarzeń (Zarządzenie 3 Prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego z dnia 22 lutego 2005 r. w sprawie klasyfikacji grup przyczynowych zdarzeń lotniczych)

Kod grupy przyczynowej	Grupa przyczynowa	Opis przykładowych zdarzeń
H1	postępowanie umyślne	zamierzone odstępianie od procedur operacyjnych i/lub przepisów, np. postępowanie załogi/pilota/skoczka z pamięci, a nie według pisemnych instrukcji lub umyślne lekceważenie operacyjnych ograniczeń, instrukcji i podręczników
H2	braki kwalifikacji	błędne działanie wynikające z braku wiedzy lub umiejętności, połączone z brakiem doświadczenia lub wykształcenia, np. niewłaściwe utrzymanie parametrów podczas podejścia do lądowania lub nieumiejętność wykorzystania komputera pokładowego
H3	błędy operacyjne	działanie załogi/pilota/skoczka zagrażające bezpieczeństwu lotu, np. niestosowanie się załogi/pilota/skoczka do ustalonych, znanych procedur, nieefektywne wykorzystanie czasu do podjęcia lub zmiany decyzji; podjęcie decyzji o lądowaniu lub starcie w przypadku informacji o niebezpiecznych zjawiskach pogodowych
H4	błędy w komunikowaniu	nieodpowiednie komunikowanie się, błędna interpretacja lub niemożność właściwego porozumiewania się między członkami załogi lub załogi z odbiorcami zewnętrznymi, np. ATC; niewłaściwe zrozumienie otrzymanego zezwolenia, błędne przekazanie istotnej informacji dotyczącej wykonywanego lotu/skoku
H5	błędy proceduralne	niezamierzone odstępianie od procedur lub przepisów; intencja działania prawidłowa lecz wykonanie błędne, np. sytuacja, w której załoga zapomina lub pomija istotne czynności; załoga/pilot/skoczek wprowadza niewłaściwą wysokość do komputera pokładowego/innych urządzeń kontroli lub wybiera niewłaściwą wysokość w module kontroli
H6	niezdolność	członkowie (członek) załogi/pilot/skoczek są niezdolni do wykonywania czynności

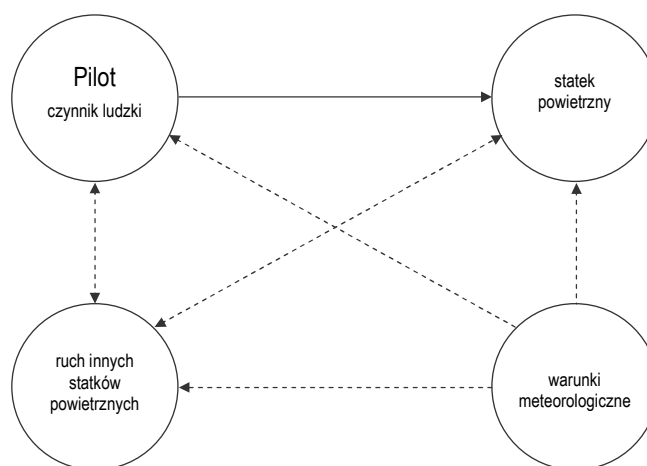
Czynnik ludzki – poszukiwanie własnej definicji

Do konstrukcji własnej definicji wykorzystane zostało rozumienie czynnika ludzkiego jako dyscypliny naukowej zajmującej się interakcją człowieka ze środowiskiem oraz takim zachowaniem człowieka, które skutkuje błędem. Czwarta z definicji „czynnika ludzkiego” związana jest z działaniem, a więc zachowaniem człowieka. Działanie i zaniechanie to formy czynu. Działanie to przejaw aktywności człowieka, zależny od jego woli, podczas gdy zaniechanie to powstrzymanie się od aktywności, również od woli zależne. Działanie i zaniechanie mogą być skutkiem lub przyczyną błędu.

Aby wyjaśnić, czym jest czynnik ludzki, dokonajmy w pierwszej kolejności wykładni słownikowej. „Czynnik” to inaczej przyczyna lub jedna z przyczyn wywołująca skutek. Czynnik to jeden ze składników warunkujących coś, rozstrzygających o czymś (Szymczak, 1984). W lotnictwie czynnikiem może być samolot, pilot, pogoda, korespondencja radiowa, środowisko, słowem – wszystko, co wiąże się z lataniem. Szczególnym rodzajem czynnika jest jednak człowiek.

Samo słowo „ludzki” oznacza: dotyczący człowieka, ludzi, należący do człowieka. Używa się zwrotów: ludzkie głosy, ludzkie gadanie, ludzka praca, ludzka życzliwość, ludzki wysiłek. Samolot braci Wright był zrobiony ludzką ręką. Ludzki to znaczy: zgodny z naturą człowieka, pojmowaną jako dobrą, wyrozumiałą, życzliwą, łagodną i humanitarną. Być pozbawionym ludzkich uczuć to tak jakby nie być człowiekiem (Szymczak, 1984).

Z przyjętych do dalszych analiz definicji wynika, że elementami czynnika ludzkiego będą sytuacja człowieka w środowisku i błąd człowieka. Gdy poszczególne elementy tworzą jakąś spójną całość, gdy są czymś związane, to możemy mówić o sytuacji (Tomaszewski, 1978, s. 31-32). Sytuację pilota podczas lotu można przedstawić w formie następującego schematu (rys. 1).



Rysunek 1. Sytuacja pilota w czasie lotu (oprac. własne na podstawie: Tomaszewski, 1978, s. 26)

Wyszczególnione na rysunku cztery podstawowe elementy sytuacji obecne podczas lotu występują w określonych relacjach, wpływają na siebie i ulegają ciągłym zmianom. Pilot jest tutaj czynnikiem ludzkim. Linia ciągłą oznaczono dowodzenie samolotem, liniami przerywanymi pokazano związki typu nawigacyjnego.

Możemy powiedzieć, że czynnik ludzki to człowiek jako jeden z elementów środowiska, np. w układzie pilot–samolot, człowiek–maszyna, pilot–środowisko. Pojęcie czynnika ludzkiego nie jest przypisane tylko do lotnictwa, ale również do rolnictwa, informatyki, przemysłu, prawa itp.

„Sytuacja normalna wskutek zakłóceń pojawiających się w każdym z wyżej wymienionych elementów [na rysunku 1 – R. M.] przechodzić może w sytuację trudną, a gdy nie następuje interwencja – w sytuację kryzysową” (Ratajczak, 2007, s. 69). „W sytuacjach trudnych typowym zjawiskiem są błędy. Pojęcie to ma dwa znaczenia. W pierwszym znaczeniu błędem nazywamy różnicę, jaka zachodzi pomiędzy prawidłowym przebiegiem czynności a jej przebiegiem nieprawidłowym, w drugim znaczeniu błędem nazywamy różnicę, jaka zachodzi między wynikiem zamierzonym, posiadającym wymagane cechy, a wynikiem osiągniętym, który cech tych nie posiada” (Tomaszewski, 1963, s. 267).

Tomaszewski twierdził, że związek między zadaniem a wynikiem zależy nie tylko od zewnętrznych czynników – otoczenia, ale i od wewnętrznych czynników regulacyjnych zachowania, które mają status pośredniczący. Ich regulacyjna funkcja polega na moderowaniu związku między zadaniem a wynikiem. Należą do nich czynniki podmiotowe, takie jak szeroko rozumiane cechy osobowości, w tym temperament, i charakterystyki intelektualne, w tym inteligencja. Tomaszewski uważał, że podmiotowość człowieka polega na tym, iż potrafi on swoją obiektywną sytuację rozpoznać, zrozumieć znaczenie jej elementów składowych oraz przekształcić percepcję sytuacji w zadanie. Autor ten zwraca również uwagę na to, że pojęcie podmiotu jest nierozłącznie związane z pojęciem przedmiotu, bowiem żaden obiektywny proces, który zachodzi na zewnątrz człowieka, a w którym człowiek uczestniczy, nie zależy wyłącznie od niego samego (Tomaszewski, 1985, s. 61-73).

Na ocenę sytuacji wpływa również szacowanie występującego stresu i ryzyka. W literaturze spotykamy różne psychologiczne definicje ryzyka. Za Ratajczak (2004, s. 14) można podzielić je na trzy rodzaje.

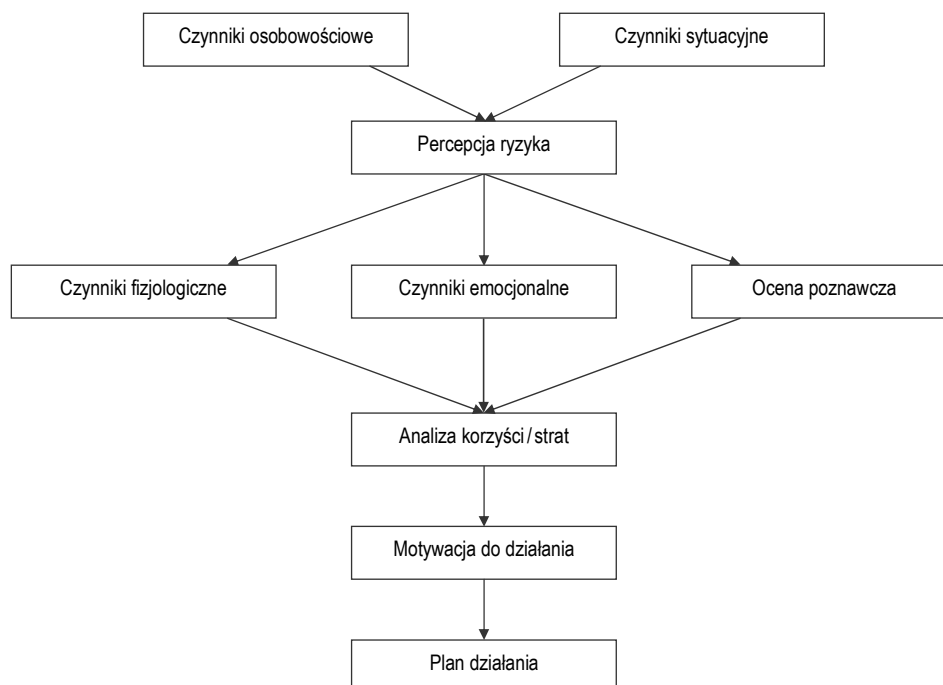
Pierwsza z definicji utożsamia ryzyko z niepewnością własnego działania, gdy pojawiają się czynniki losowe lub własne ograniczenia poznawcze, np. niezdolność do prognozowania, nieznanostwo reguł diagnozowania sytuacji, groźba nieznanych strat, których natura jest nieznaną i co za tym idzie – nieznaną są metody ich szacowania.

Drugi rodzaj definicji ujmuje ryzyko jako wynik świadomie podjętej decyzji o potencjalnej stracie lub szkodzie – w procesie tym dochodzi do poznawczego bilansowania korzyści lub strat własnego działania.

Trzeci rodzaj definicji zakłada, że ryzyko jest podejmowanym przez człowieka działaniem (przedsięwzięciem) o nieznanym, niepewnym lub problematycznym wyniku, z narażeniem się na niebezpieczeństwo, szkodę lub stratę.

Psychologiczny model percepcji ryzyka

Trimpop (1994; Trimpop, Kerr, Kirkcaldy, 1999) zaproponował model, w którym założył, że percepcja ryzyka jest wypadkową wpływu osobowości i oceny sytuacji. Ocena ryzyka nie polega tylko na „suchej” kalkulacji zysków i strat, ale wpływ na tę ocenę mają subiektywne odczucia fizjologiczne i emocjonalne. Z tej koncepcji wynika, że to ocena sytuacyjna może przebiegać inaczej w zależności od tego, z jakiego rodzaju ryzykiem człowiek ma do czynienia.



Rysunek 2. Psychologiczny model percepcji ryzyka R. Trimpopa (oprac. własne na podstawie: Zaleśkiewicz, 2005, s. 15)

Koncepcja ryzyka instrumentalnego i stymulującego Zaleśkiewicza (2001, 2005). Podejmowanie ryzyka może mieć dwa motywy: (1) przyjemnościowy (ryzyko stymulujące), (2) osiągnięcia jakiegoś ważnego celu (ryzyko instrumentalne).

Ryzyko stymulacyjne służy wywołaniu silnego pobudzenia organizmu, np. sporty ekstremalne, narkotyki. Charakteryzuje się ono niskim poziomem samokontroli. O podjęciu ryzyka decyduje chęć doznania pozytywnych emocji.

Ryzyko instrumentalne traktowane jest tylko jako narzędzie w drodze do celu. Ten rodzaj ryzyka nie wiąże się z emocjami i przyjemnościami. Jest on kontrolowany, bowiem nie ma tu działań spontanicznych, a podejmowanie działań ryzykownych jest często efektem zimnej kalkulacji.

Do przeprowadzonych analiz wybrano ryzyko, dlatego że zakończenie lotu jest zawsze niewiadomą. Ta niewiadoma, niepewność, nieznanie prawdopodobieństwo, np. bezpiecznego lotu i lądowania, składa się na definicję ryzyka (Ratajczak, 2004, s. 14). W lotnictwie związane jest to z zagrożeniem utraty jakiejś cenionej przez człowieka wartości: życia, zdrowia, dóbr materialnych. Z drugiej strony na percepcję ryzyka mają wpływ czynniki osobowościowe i czynniki sytuacyjne. Analizowane w części badawczej ryzyko jest wynikiem świadomego działania pilota. Piloci, podejmując decyzje, są świadomi potencjalnych strat wynikających z własnego działania. Jest to kolejny – po niepewności działania – rodzaj ryzyka, z którym ma do czynienia personel latający.

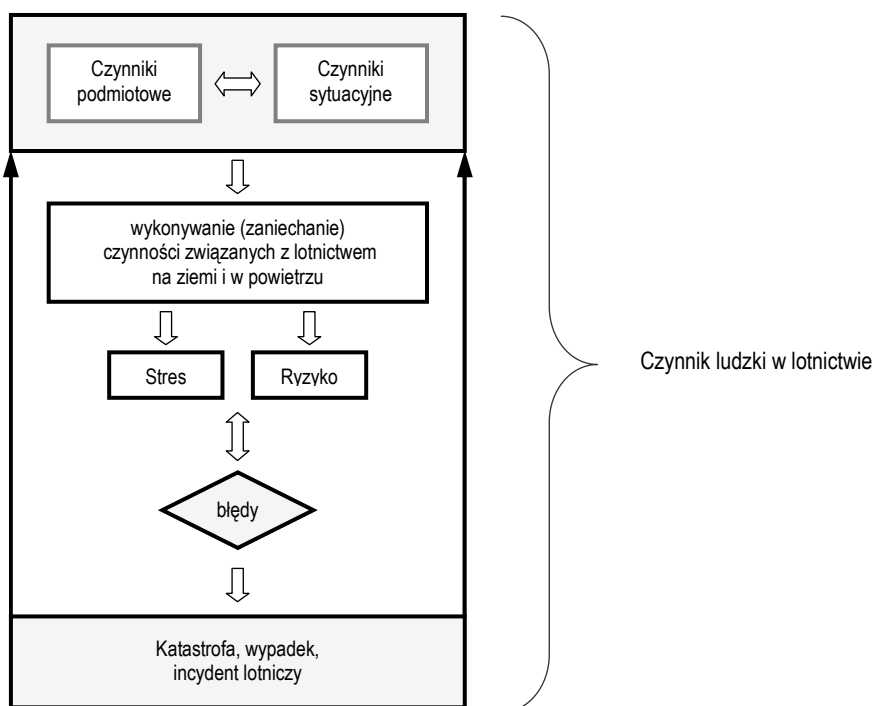
Stres jest drugim wybranym do analiz elementem wpływającym na czynnik ludzki. Może być rozumiany jako bodziec, jako relacja lub też jako proces lub transakcja. Stres jest pochodną relacji człowieka ze środowiskiem. Ma on dwie interesujące właściwości: występuje w sytuacji napotkania przeszkody i zaburza funkcjonowanie jednostki. Stres jest tutaj rozumiany jako reakcja na sytuację trudną. Według Lazarusa i Folkman stres należy rozumieć jako określoną relację między osobą a otoczeniem, która jest oceniana przez osobę jako obciążająca lub przekraczająca jej zasoby. Warunkiem *sine qua non* wystąpienia stresu jest ocena pilota, czy poradzi sobie z sytuacją trudną (Lazarus, 1966, 1987, 1993; Lazarus, Folkman, 1986). Pojawienie się przeszkody powoduje spadek prawdopodobieństwa osiągnięcia celu. Zależy to jednak do uwarunkowań podatności na stres lub wysokiej odporności na jego działanie.

Strelau (1998, s. 390) pisze: „Osobiście stoję na stanowisku, że przyczyną stanu stresu u jednostki jest brak równowagi między wymaganiami stawianymi jednostce a jej możliwościami (umiejętnością) sprostania tym wymaganiom”. Wymagania otoczenia traktowane są jako stresory lub sytuacje wywołujące stres. Możliwości jednostki w zakresie radzenia sobie z wymaganiami są zależne od następujących cech: inteligencji, wiedzy, uzdolnień specjalnych, umiejętności, cech osobowościowych i temperamentalnych, doświadczenia w sytuacjach wywołujących stres, strategii radzenia sobie z nim, cech wyglądu fizycznego, aktualnego stanu fizycznego i psychicznego jednostki. Zgodnie z Regulacyjną Teorią Temperamentu Strelaua (2001, 2006) osoby o niskim poziomie reaktywności charakteryzują się wysokim zapotrzebowaniem na stymulację, wskutek czego są predestynowane do działania w sytuacjach wysokiej wartości stymulacyjnej. Natomiast osoby o wysokim poziomie reaktywności preferują stonowaną aktywność stymulacyjną.

Czy istnieje związek ryzyka i stresu w lotnictwie? Można odpowiedzieć, że tak – wtedy gdy pilot zauważa, że poziom ryzyka w czasie lotu zwiększa się, a tym samym wzrasta u niego poziom stresu. Oczywiście chodzi tutaj o subiektywny aspekt ryzyka i subiektywny aspekt stresu oraz o ocenę danej sytuacji w określonym momencie (np. poprzez wskaźniki fizjologiczne stresu). Relacja

może być również w drugą stronę, gdy u pilota występuje wysoki poziom stresu z powodu zmian w istniejących zasobach człowieka, np. choroby, problemów domowych, braku pieniędzy, zmęczenia itp., które zwiększają ryzyko prawidłowego (optymalnego) funkcjonowania. Według Hobfolla (2006, s. 72) „Stres pojawia się, gdy (1) istnieje groźba utraty zasobów, (2) dochodzi do faktycznej utraty zasobów, (3) zainwestowanie znaczącej ilości zasobów jednostki nie przynosi oczekiwanego zysku”.

Jak wspomniano, skutkiem wystąpienia stanu stresu jest zaburzone funkcjonowanie, które może się pogarszać, zaś konsekwencją pogorszonego funkcjonowania może być popełnianie błędów. Możemy wobec tego stwierdzić, że pogorszenie funkcjonowania jednostki w stresie zwiększa prawdopodobieństwo podjęcia błędnej decyzji (Campos, 2001; Dekker, 2003; Graham-Rowe, 2003; Marx, Graeber, 2001; Prince, Browsers, Salas, 2001; Reason, 1990; Wiegmann, Shappell, 2001). Niezależnie od tego, czy stres jest obiektywny czy subiektywny, czy ryzyko jest obiektywne czy subiektywne, stres i ryzyko mają wpływ na popełnienie błędu, wpływają bowiem na czynnik ludzki, czyli na człowieka i na spostrzeganie przez niego sytuacji. W lotnictwie czynnik ludzki jest przede wszystkim rozważany w kontekście bezpieczeństwa samolotu, załogi i pasażerów (Makarowski, Smolicz, 2012). Można to przedstawić jak na rysunku 3.



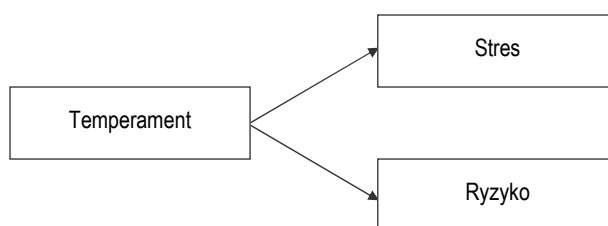
Rysunek 3. Model czynnika ludzkiego w lotnictwie (oprac. własne)

Podsumowując, pod pojęciem **czynnika ludzkiego w lotnictwie** należy rozumieć działanie (lub zaniechanie) pilota, mechanika, kontrolera ruchu itp. lub innej osoby w relacji człowiek a współzależne środowisko lotnicze. To stres i ryzyko często zmieniają w lotnictwie sytuację normalną w sytuację trudną, a nawet w sytuację zagrażającą. Pod pojęciem **czynnika ludzkiego w wypadkach lotniczych** należy rozumieć nieadekwatne działanie człowieka, skutkujące katastrofą, wypadkiem lub incydentem lotniczym.

W tym artykule czynnik ludzki odnosi się nie tylko do personelu lotniczego (osoba, która ma ważną licencję lub świadectwo kwalifikacji i jest wpisana do państwowego rejestru personelu lotniczego lub innego odpowiedniego rejestru, prowadzonego zgodnie z odrębnymi przepisami). Takimi osobami mogą być również np. kierowca autobusu wożącego pasażerów po lotnisku, osoba tankująca paliwo do samolotu czy marszaler, a nawet terrorysta na pokładzie samolotu, pomimo że osoby te nie są zaliczane do tzw. personelu latającego, a nawet personelu lotniczego. Czynnikiem ludzkim dotyczy osób, które mają bezpośredni związek z czynnościami związanymi z lotnictwem czy to na ziemi, czy w powietrzu.

METODA

Na podstawie analizy teoretycznej, analizy różnorodnych badań empirycznych wykonanych na pilotach oraz własnego doświadczenia przyjęto, aby w badaniach własnych uwzględnić temperament – jako czynnik podmiotowy wpływający na stres i ryzyko (Chapanis, 2009; Garrett, Teizer, 2009; Harle, 2001; Harris, 2004; Jarvis, Harris, 2009; Salas, Maurino, 2010; Strelau, 2004, 2006; Wiener, 1989; Zink, 2006). Cechy temperamentu mają status moderatora, co oznacza, że stanowią one warunek poprzedzający wystąpienie stresu. Można oczekiwać, że różne jego wymiary sprzyjają generowaniu się stresu i zachowań ryzykownych u jednostki bądź też obniżają taką tendencję (Strelau, 2001, 2004, 2006; Terelak, 2008). Można to przedstawić w postaci modelu, zaprezentowanego na poniższym rysunku.



Rysunek 4. Wpływ temperamentu na ryzyko i stres

Podstawowym celem tych badań była próba uzyskania odpowiedzi na pytania:

Czy dane dotyczące różnych grup pilotów odzwierciedlają założony model teoretyczny?

Czy dane dotyczące studentów politechniki i inżynierów odzwierciedlają założony model teoretyczny?

Do sprawdzenia słuszności teoretycznych założeń o interakcjach pomiędzy czynnikami podmiotowymi a stresem i ryzykiem zastosowano modelowanie strukturalne.

Osoby badane

W badaniach uczestniczyło 319 mężczyzn (wiek: $M = 34,60$; $SD = 10,73$), w tym 178 pilotów samolotowych (wiek: $M = 37,06$; $SD = 9,21$) oraz 141 pilotów szybowcowych (wiek: $M = 31,91$; $SD = 11,63$). Piloci samolotowi latali na samolotach sportowych, część z nich była pilotami zawodowymi, latającymi na ATR 42, ATR 72, Boeing 737, Airbus 320, Embraer 170, Saab 341 A. Badania przeprowadzono w latach 2019-2010 w Aeroklubie Nadwiślańskim, Elbląskim, Warszawskim, Leszczyńskim oraz w Głównym Ośrodku Badań Lotniczo-Lekarskich we Wrocławiu.

Drugą grupę stanowili mężczyźni: 240 studentów politechniki (Politechnika Gdańska, Politechnika Wrocławska, Politechnika Rzeszowska) (wiek: $M = 21,84$; $SD = 3,11$) i 168 inżynierów (wiek: $M = 43,91$; $SD = 12,52$).

Zastosowane metody

Do zbadania temperamentu zastosowano Kwestionariusz Temperamentu PTS autorstwa J. Strelaua i B. Zawadzkiego (1998a), który bada ruchliwość procesów nerwowych, siłę procesu pobudzenia, siłę procesu hamowania i równowagę procesów nerwowych.

W celu uzyskania danych na temat poziomu stresu u badanych osób posłużono się **Kwestionariuszem Poczucia Stresu (KPS)** (Plopa, Makarowski, 2010), który składa się z 27 pytań oraz następujących skal:

(1) Napięcie emocjonalne – wynika z poczucia niepokoju, nadmiernej nerwowości. Występuje ono, gdy pojawiają się trudności w odprężaniu się w różnych codziennych sytuacjach. Związane jest to z brakiem energii do działania, poczuciem zmęczenia bez wyraźnej przyczyny, jak i z tendencją do rezygnacji z podejmowania różnych zadań, realizacji planów. Wysokie napięcie emocjonalne generuje występowanie tendencji do nadmiernej drażliwości w różnych relacjach interpersonalnych.

(2) Stres zewnętrzny pojawia się, gdy jest się niesprawiedliwie ocenianym przez inne osoby w różnych kontekstach społecznych (w domu, pracy), gdy narasta poczucie bezradności, wyczerpania w obronie swojego punktu widzenia (swoich racji). Stres zewnętrzny doświadczamy, gdy jesteśmy wykorzystywani przez innych, gdy doświadczamy niepokoju, a także wtedy, gdy mamy poczucie frustracji, męczliwości z tego powodu, że stawiane przez innych wy-

magania lub zadania przewyższają posiadane zasoby, zdolności, możliwości ich spełniania.

(3) Stres intrapsychiczny związany jest z nieumiejętnością radzenia sobie ze swoimi przeżyciami, antypacjami. System psychiczny pełen napięcia i konfliktów nie potrzebuje zewnętrznych nacisków do odczuwania stresu. Ten rodzaj stresu występuje wtedy, gdy ma się problemy ze sobą, z ciągle żywymi doświadczeniami z przeszłości dającymi objawy osamotnienia i niepokoju. Myślenie o przyszłości wzbudza niepokój, tendencje rezygnacyjne, pesymizm w ocenie siebie i świata.

W badaniu zastosowano dwa kwestionariusze do badania ryzyka:

Kwestionariusz SIRI (Stimulating-Instrumental Risk Inventory) (Zaleśkiewicz, 2001), który bada dwa style zachowań ryzykownych:

(1) Ryzyko stymulacyjne – ryzyko postrzegane jest jako sposób na dostarczenie sobie stymulacji, pobudzenia, ekscytacji. Ważne jest tu nastawienie się na aktywność, poszukiwanie wrażeń poprzez wyszukiwanie sytuacji silnie stymulujących bez względu na wynik.

(2) Ryzyko instrumentalne – ryzyko postrzegane jest tutaj jako szansa osiągnięcia pozytywnego wyniku. Angażowanie się w ryzyko występuje tylko wtedy, gdy istnieje szansa osiągnięcia zysku.

Skala Akceptacji Ryzyka (Makarowski, 2008), która służy do diagnozowania skłonności do podejmowania zachowań ryzykownych w obszarze zdrowia. Założono, że osoby charakteryzujące się wysokim poziomem skłonności do ryzyka w większym stopniu niż osoby o niskiej skłonności do ryzyka odczuwają potrzebę zachowań ryzykownych oraz częściej takie zachowania podejmują. Skala Akceptacji Ryzyka ocenia poziom ryzyka dotyczący zagrożenia własnego zdrowia poprzez ocenę zachowań antyzdrowotnych (ryzyko antyzdrowotne). Dotyczą one następujących obszarów: (1) działanie w warunkach niepewności, (2) dbałość o zdrowie, (3) działania dla ratowania zdrowia, (4) waznienie ryzyka, (5) działanie wbrew zaleceniom, (6) działanie w nieznanych okolicznościach.

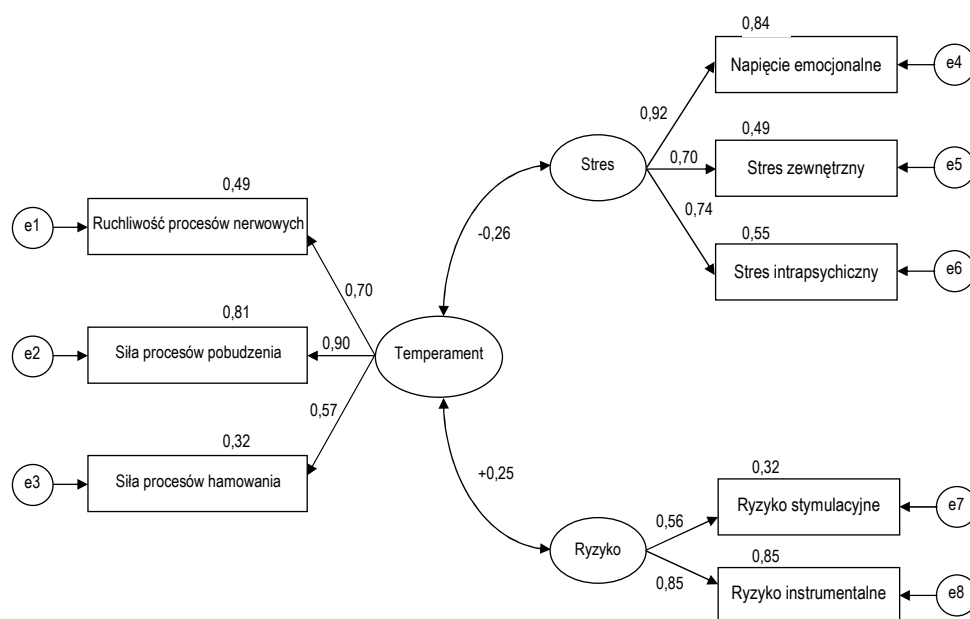
Wskaźniki trafności i rzetelności powyższych metod zamieszczone są w przytoczonej literaturze.

WYNIKI

Weryfikacja modelu została przeprowadzona za pomocą modelu ścieżkowego ze zmiennymi ukrytymi. Do analizy użyto metody asymptotycznej wolnej od rozkładu (Amos, 19).

Analizę rozpoczęto od sprawdzenia układu zależności, który przedstawiono w modelu teoretycznym (rys. 3 i 4). W modelu ścieżkowym znalazły się trzy zmienne latentne: temperament, stres i ryzyko. Przedmiotem pomiaru stresu były następujące zmienne: napięcie emocjonalne, stres zewnętrzny, stres intrapsychiczny. Badano ryzyko stymulacyjne i instrumentalne oraz ryzyko antyzdrowotne. W zakresie temperamentu przedmiotem pomiaru były: ruchliwość procesów nerwowych, siła procesów pobudzenia i siła procesów

hamowania. Na rysunku 5 przedstawiono wzajemne relacje występujące między zmiennymi.



Rysunek 5. Wykres ścieżkowy – model 1 (N = 319)

W tabeli 2 zaprezentowano wskaźniki dopasowania modelu w badanej populacji pilotów.

Tabela 2.

Wskaźniki dopasowania modelu 1 w populacji 319 pilotów

Wskaźniki dopasowania modelu	χ^2	df	p	RMSEA	LO	HI	PCLOSE	GFI	Hoelter 0,05
Piloci	32,36	18	0,20	0,050	0,20	0,77	0,46	0,951	284

Test RMSEA przyjął wartość 0,050 (jeżeli nie przekracza on wartości 0,08, jest jeszcze akceptowalny). RMSEA LO (*low*) wynosił 0,020, a RMSEA HI (*high*) był równy 0,077, co i tak mieści się w podanym zakresie (mniejszym od

0,08). Wyliczona wartość w teście PCLOSE (0,46) również świadczy o dobrym dopasowaniu modelu do danych. Z kolei współczynnik GFI opisuje, w jakim stopniu kowariancje w próbie są wyjaśniane przez kowariancje wynikające z modelu. Dla modelu nasyconego przyjmuje wartość 1; GFI powinno przekraczać 0,90 (gdyż 0,951 wynosi wyliczona wartość tego miernika dopasowania modelu). Własności rozkładu χ^2 powodują, że przy dużych próbach test łatwo „odrzuca” hipotezę zerową i tym samym dyskredytuje model, gdy tymczasem model może być akceptowalny. W naszym przypadku model nie został odrzucony, gdyż χ^2 wynosi 32,36, a $p = 0,20$ (Konarski, 2009, s. 369; Książek, 2010, s. 40; Bedyńska, Książek, 2012). Krytyczne N Hoeltera wskazuje na największą liczebność próby, przy której można zaakceptować model o wartości $\chi^2 = 32,36$. W naszym przypadku wynosi ono 284, co oznacza, że przy takiej wielkości próby (319 pilotów) możemy stwierdzić, że nie ma rozbieżności między danymi a modelem.

Podsumowując, możemy uznać, że przedstawione testy dobroci dopasowania modelu odpowiadają pozytywnie na pytanie, czy hipotetycznie założony model może być zweryfikowany rozkładem wyników pochodzących z macierzy danych.

Aby ocenić model, rozpocznijmy od weryfikacji modeli pomiarowych. Zasady są takie same, jak dla analizy czynnikowej: ładunki standaryzowane (współczynniki ścieżkowe) powinny przekraczać wartość 0,70, a wyjaśniona wariancja – kwadrat współczynnika korelacji wielorakiej – powinien być większy od 0,50.

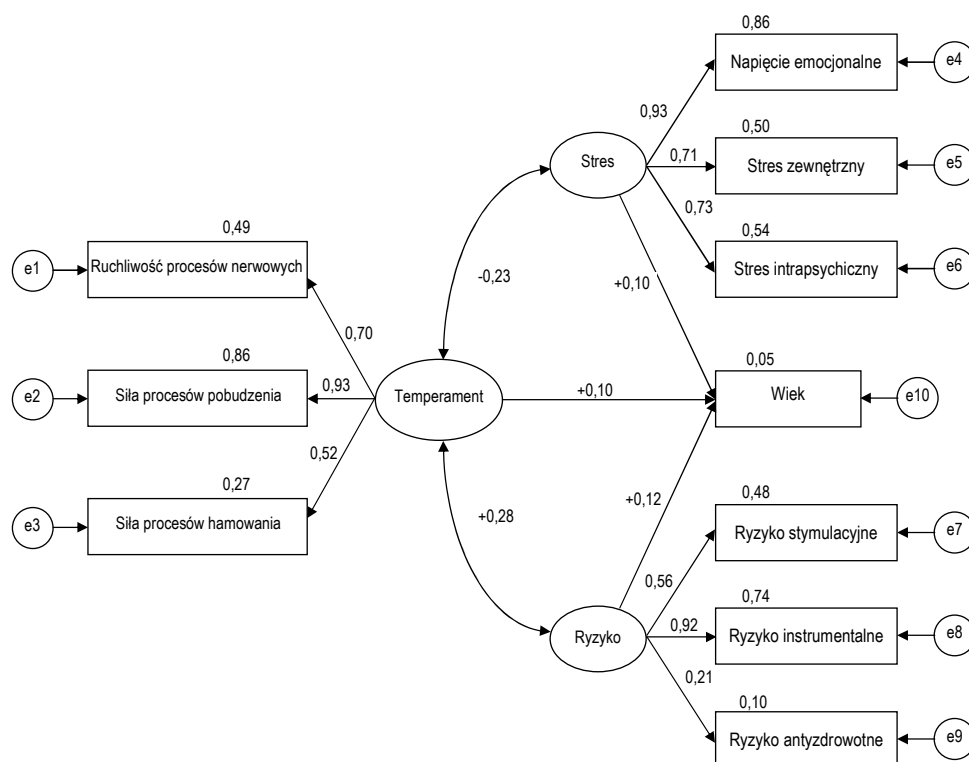
Dla zmiennej temperament współczynniki ścieżkowe wynoszą odpowiednio: 0,70; 0,90; 0,57, a wyjaśniona wariancja odpowiednio: 0,49; 0,81; 0,32 (ruchliwość procesów nerwowych, pobudzenie procesów nerwowych, hamowanie procesów nerwowych). W przypadku zmiennej latentnej stres współczynniki ścieżkowe wynoszą odpowiednio: 0,92; 0,70; 0,74, a wyjaśniona wariancja odpowiednio: 0,84; 0,49; 0,55 (napiecie emocjonalne, stres intrapsychniczny, stres zewnętrzny). Dla zmiennej ryzyko współczynniki ścieżkowe wynoszą odpowiednio: 0,56; 0,92, a wyjaśniona wariancja odpowiednio: 0,32; 0,85 (ryzyko instrumentalne, stymulacyjne).

Wszystkie te trzy podkonstrukty (temperament, stres, ryzyko) pozostają w stosunku do siebie w następującej zależności:

temperament–stres: $r = -0,26$ (ujemna korelacja przeciętna),

temperament–ryzyko: $r = +0,26$ (dodatnia korelacja przeciętna).

W drugim modelu (rysunek 6) znalazły się – poza trzema zmiennymi latentnymi: temperamentem, stresem i ryzykiem – dodatkowo dwie zmienne: wiek i ryzyko antyzdrowotne, które włączono do zmiennej latentnej ryzyko. Ryzyko obejmowało: ryzyko stymulacyjne, ryzyko instrumentalne i ryzyko antyzdrowotne. Na rysunku 6 przedstawiono wzajemne relacje występujące między zmiennymi.



Rysunek 6. Wykres ścieżkowy – model 2 (N = 319)

Wartości wskaźników dopasowania modelu 2 przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3.

Wskaźniki dopasowania modelu 2 w populacji 319 pilotów

Wskaźniki dopasowania modelu	χ^2	df	p	RMSEA	LO	HI	PCLOSE	GFI	Hoelter 0,05
Piloci	65,85	31	0,00	0,590	0,39	0,79	0,23	0,935	218

Test RMSEA przyjął wartość 0,059, RMSEA LO (*low*) – 0,039, a RMSEA HI (*high*) – 0,079 (i jest mniejsza o zalecaną wartość 0,08). Wyliczona wartość w teście PCLOSE jest równa 0,23, co świadczy o dobrym dopasowaniu modelu do danych. Współczynnik GFI wynosi 0,935 i jest większy od zalecanej wartości 0,90.

Dla zmiennej temperament współczynniki ścieżkowe wynoszą odpowiednio: 0,70; 0,93; 0,52, a wyjaśniona wariancja odpowiednio: 0,49; 0,86; 0,27 (ruchliwość procesów nerwowych, pobudzenie procesów nerwowych, hamowanie procesów nerwowych). W przypadku zmiennej latentnej stres współczynniki ścieżkowe są równe odpowiednio: 0,93; 0,71; 0,72, a wyjaśniona wariancja odpowiednio: 0,86; 0,50; 0,54 (napiecie emocjonalne, stres intrapsychniczny, stres zewnętrzny). Dla zmiennej ryzyka współczynniki ścieżkowe wynoszą odpowiednio: 0,56; 0,92; 0,21, zaś wyjaśniona wariancja odpowiednio: 0,48; 0,74; 0,10 (ryzyko instrumentalne, ryzyko stymulacyjne, ryzyko antyzdrowotne). Należy podkreślić, że jeśli chodzi o ryzyko antyzdrowotne, to uzyskane współczynniki są bardzo niskie, ale istotne statystycznie. W przypadku zmiennej wiek współczynniki ścieżkowe są niskie i wynoszą 0,10; 0,12; 0,10, a wyjaśniana wariancja – tylko 5%. „Dlatego gdy stosujemy miary dopasowania modelu, musimy zawsze pamiętać, że żadne proste reguły decyzyjne nie mogą zastąpić ostrożnej refleksji nad substancywnym znaczeniem testowanego modelu” (Konarski, 2009, s. 374).

Korelacje pomiędzy temperamentem, stresem a ryzykiem są następujące:

temperament–stres: $r = -0,23$ (ujemna korelacja przeciętna),

temperament–ryzyko: $r = +0,28$ (dodatnia korelacja przeciętna).

Do porównania obu przedstawionych modeli posłużono się wskaźnikiem walidacji krzyżowej ECVI (Konarski, 2009, s. 365). W modelu pierwszym ECVI = 0,215, a w drugim ECVI = 0,358. Model o niższej wartości ECVI ma najwyższe prawdopodobieństwo pomyślnej walidacji w niezależnej próbie danych. Oznacza to, że lepiej dopasowany do danych jest ten model, który ma mniejszą wartość. W naszym przypadku jest to model pierwszy.

W przeprowadzonych badaniach podjęto jeszcze jedną próbę sprawdzenia poprawności modelu, a w analizach użyto wyniki badań 248 studentów politechniki i 168 inżynierów (absolwentów politechniki) (piloci szybowcowi to w dużej części studenci kierunków technicznych, a pilot zawodowy najczęściej jest inżynierem). Wyniki przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4.

Wskaźniki dopasowania modelu w populacji 240 studentów politechnik i 168 inżynierów

Wskaźniki dopasowania modelu	χ^2	df	p	RMSEA	LO	HI	PCLOSE	GFI	Hoelter 0,05
Studenci politechniki i inżynierowie	65,15	18	0,00	0,084	0,58	0,98	0,011	0,967	195

Test RMSEA przyjął wartość 0,084, RMSEA LO (*low*) – 0,058, a RMSEA HI (*high*) – 0,098 (jest ona większa od zalecanej wartości 0,08) i przekracza wartości dopuszczalne. Wyliczona wartość w teście PCLOSE jest równa 0,011, co również świadczy o złym dopasowaniu modelu do danych. Przy tych danych model nie jest więc dobrze dopasowany do nich, co go dyskredytuje.

DYSKUSJA I WNIOSKI

W Polsce, tak jak na świecie, często używa się pojęcia „czynnik ludzki”. Z jednej strony rozumie się przez nie nieadekwatne działanie człowieka, który działa w określonym środowisku, z drugiej strony ujmuje ono problemy postrzegania i psychofizyki, podejmowaniu decyzji, przetwarzania informacji itd.

Definicje pojęcia „czynnik ludzki” można podzielić na cztery grupy:

(1) **Czynnik ludzki** jako dyscyplina naukowa dotycząca interakcji człowieka z innymi elementami sytuacji (środowisko fizyczne, zadania, osoby, wyposażenie), skupiająca się na postrzeganiu i przetwarzaniu informacji.

(2) **Czynnik ludzki** jest zastosowaniem informacji o człowieku do projektowania narzędzi, maszyn, systemów, zadań, prac i środowisk dla bezpiecznego, wygodnego i efektywnego użycia ich przez ludzi (jest to klasyczna definicja ergonomii).

(3) **Czynnik ludzki** jako nazwa specjalności zawodowej, która bada relacje człowiek–maszyna. Jest on dziedziną psychologii zarządzania i organizacji, w tym psychologii przemysłowej.

(4) **Czynnik ludzki** jako nieadekwatne działanie człowieka skutkujące błędem.

Podjęto próbę utworzenia teoretycznego modelu czynnika ludzkiego w lotnictwie. Założono, że w skład czynnika ludzkiego wchodzi czynniki podmiotowe i czynniki sytuacyjne. Są one w ciągłej interakcji. Mówiąc o czynniku ludzkim, należy zawsze mieć na uwadze człowieka – wraz z jego różnorodną podmiotowością – oraz rodzaj określonego czynnika sytuacyjnego.

Czynnik ludzki w lotnictwie należy rozumieć jako działanie (lub zaniechanie) pilota, osoby z obsługi lotniczej, ale i innej osoby w relacji człowiek–środowisko lotnicze. To stres i ryzyko często zmieniają w lotnictwie sytuację trudną w sytuację niebezpieczną. Pod pojęciem czynnika ludzkiego w wypadkach lotniczych należy rozumieć nieadekwatne działanie człowieka, skutkujące katastrofą, wypadkiem lub incydentem lotniczym.

Celem podjętych badań była falsyfikacja przedstawionego teoretycznego modelu czynnika ludzkiego w lotnictwie. Wykorzystano konfirmacyjną analizę czynnikową, która weryfikowała pierwszy model, składający się ze zmiennych latentnych: stres, ryzyko i temperament. Drugi model wzbogacono poprzez dodanie jeszcze jednego rodzaju ryzyka, a mianowicie ryzyka antyzdrowotnego, oraz poprzez dodanie nowej zmiennej – wiek. Otrzymane wyniki analizy testów dobroci dopasowania w obu modelach uzasadniają poprawność przedstawionego modelu teoretycznego. Z dwóch badanych modeli model pierwszy (bez zmiennej wiek i ryzyko antyzdrowotne) okazał się lepiej dopasowany do danych. Dokonano również trzeciej analizy na innej grupie badanych osób, którymi byli studenci politechniki i inżynierowie. Sprawdzano model 1, w którym zmiennymi latentnymi były temperament, stres i ryzyko. Stwierdzono, że ten model jest źle dopasowany do otrzymanych danych. Wskaźniki dopasowania dyskwalifikują ten model u badanych studentów politechniki i inżynierów.

Model ten sprawdził się – jak wcześniej wspomniano – w grupie badanych pilotów.

Na podstawie przeprowadzanych analiz teoretycznych i analizy ilościowej można powiedzieć, że czynnik ludzki jest konstrukcją złożoną, składającą się z kilku wzajemnie zależnych od siebie części. Z jednej strony jest to ryzyko i stres, z drugiej – czynniki podmiotowe oraz czynniki sytuacyjne (które nie były przedmiotem badań). W przeprowadzonej analizie czynnikiem podmiotowym był temperament. Należy zaznaczyć, że przedstawiony model zapewne nie jest jedynym przykładem poprawnie skonstruowanego modelu. Trudno tutaj wnioskować o reprezentatywności wyodrębnionego modelu i uogólniać wnioski na ogół działań w lotnictwie. W lotnictwie zdarzają się bowiem takie sytuacje, których ten model może nie obejmować, dlatego warto przetestować go na innych badanych grupach osób, u których ryzyko i stres mogą wpływać na ich funkcjonowanie. Temperament, brany pod uwagę w niniejszych badaniach, może zostać zastąpiony innymi zmiennymi podmiotowymi. Potrzebne są również dalsze badania, aby można było określić związki przyczynowo-skutkowe pomiędzy badanymi zmiennymi. Warto zwrócić uwagę na implikacje praktyczne wynikające z tego modelu. Można przewidywać, że lotnictwo będzie się nadal dynamicznie rozwijać, sprzęt latający będzie coraz bardziej bezpieczny, urzędnicy nawigacyjni właściwie już dzisiaj są niezawodne, ale wypadki w lotnictwie wciąż będą się zdarzały. Będzie wzrastać rola czynnika ludzkiego. Optymalizowanie psychologicznych warunków funkcjonowania pilota jest ważne z punktu widzenia efektywności. Można to zrobić poprzez właściwy dobór osób do lotnictwa, a także poprzez takie szkolenia personelu lotniczego, w których czynnik ludzki będzie omawiany z należytą uwagą. Nie da się bowiem całkowicie wyeliminować człowieka z lotnictwa. Zaprezentowany model powstał na bazie teoretycznej i został empirycznie zweryfikowany, może więc posłużyć do wykonywania nowych badań, które pozwolą podnieść bezpieczeństwo lotów lub zredukować zagrożenia do akceptowalnego poziomu. Sam czynnik ludzki może być rozszerzony o nowe elementy, np. zmienne osobowościowe, psychospołeczne, fizjologiczne, biochemiczne. Zaprezentowane w artykule analizy ukazują, że można podążać nowymi drogami, gdyż kierunek tych dróg został wskazany za pomocą tegoż modelu. Badania czynnika ludzkiego powinny być dokonywane w sposób ciągły, gdyż tylko stała identyfikacja zagrożeń może przyczynić się do ich redukcji.

BIBLIOGRAFIA

- Beaty, D. (1998). *The naked pilot. The human factor in aircraft accidents*. England: Airline Publishing, Ltd.
- Bedyńska, S., Książek, M. (2012). *Statystyczny drogowskaz. Praktyczny przewodnik modeli regresji oraz równań strukturalnych*. Warszawa: Wydawnictwo Akademickie Sedno Spółka z o.o.

- Błuszczński, R. (1977). *Psychologia lotnicza. Wybrane problemy*. Warszawa: Wydawnictwa MON.
- Campos, L. M. (2001). Probability of collision of aircraft with dissimilar position errors. *Journal of Aircraft*, 38, 4, 593.
- Chapanis, A. (2009). *Human factors in systems engineering*. New York: John Wiley & Sons.
- Dekker, S. W. A. (2003). Illusions of explanation: A critical essay on error classification. *International Journal of Aviation Psychology*, 13, 2, 95-106.
- Dempsey, P. G., Wogalter, M. S., Hancock, P. A. (2000). What's in a name? Using terms from definitions to examine the fundamental foundation of human factors and ergonomics science. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 1, 3-10.
- Garrett, J. W., Teizer, J. (2009). Human factors analysis classification system relating to human error awareness taxonomy in construction safety. *Journal of Construction Engineering & Management*, 135, 8, 754-763.
- Graham-Rowe, D. (2003). Aircraft risk navigation error. *New Scientist*, 179, 8-23.
- Harle, P. G. (2001). Investigation of human factors: The link to accident prevention, [W:] N. Johnson, N. McDonald, R. Fuller (red.), *Aviation psychology in practice* (s. 190-220). Singapore–Sydney: Aldershot–Burlington.
- Harris, D. (2004). *Human factors for civil flight deck design*. New York: Ashgate Publishing, Ltd.
- Hobfoll, S. (2006). *Stres, kultura i społeczność*. Gdańsk: Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne.
- Instytut Techniki Lotniczej. Wydział Mechatroniki. Wojskowa Akademia Techniczna w Warszawie (2007). Moduł 9 EASA PART-66. *Czynnik ludzki* (materiały szkoleniowe do użytku wewnętrznego).
- Jarvis, S., Harris, D. (2009). Development of bespoke human factors taxonomy for gliding accident analysis and its revelations about highly inexperienced UK glider pilots. *Ergonomics*, 52, 8, 1009-1018.
- Karasiewicz, K., Makarowski, R. (2012). *Modelowanie strukturalne z programem AMOS – wybrane modele równań strukturalnych na przykładach z psychologii* (Zimowe Warsztaty Analityczne. SWPS SPSS Polska). Warszawa: Predictive Solution SPSS.
- Klukowski, S., Kowalski, W. G., Żebrowski, M. (2005). Wypadki w lotnictwie wojskowym i cywilnym. [W:] S. Klukowski (red.), *Medycyna wypadków w transporcie* (s. 177-186). Warszawa: Wydawnictwo Lekarskie PZWL.
- Konarski, R. (2009). *Modele równań strukturalnych. Teoria i praktyka*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Książek, M. (2010). *Amos: od regresji i analizy czynnikowej do modelowania strukturalnego ze zmiennymi ukrytymi*. Zimowe Warsztaty Analityczne 8-10 lutego 2010. Warszawa: SPSS sp. z o.o. (skrypt kursowy do użytku wewnętrznego).

- Lazarus, R. S. (1966). *Psychological stress and the coping process*. New York: McGraw-Hill Book Com.
- Lazarus, R. S. (1987). Transactional theory and research on emotions and coping. *European Journal of Personality*, 1, 141-169.
- Lazarus, R. S. (1993). From psychological stress to the emotions: A history of changing outlooks. *Annual Review Psychological*, 44, 1-21.
- Lazarus, R. S., Folkman S. (1986). Cognitive theories of stress and the issue of circularity. [W:] M. H. Appley, R. Trumbull (red.), *Dynamics of stress*. New York-London: Plenum Press.
- Makarowski, R. (2008). *Granice ryzyka. Paradygmat psychologiczny*. Kraków: Oficyna Wydawnicza Impuls.
- Makarowski, R. (2010). *Ryzyko i stres w lotnictwie sportowym*. Warszawa: Wydawnictwo Difin.
- Makarowski, R., Smolicz, T. (2012). *Czynnik ludzki w operacjach lotniczych*. Watorowo: Adriana S.A.
- Marx, D. A., Graeber, R. C. (2001). Human error in aircraft maintenance. [W:] N. Johnston, N. McDonald, R. Fuller (red.), *Aviation psychology in practice* (s. 87-104). Burlington: Ashgate Publishing Company.
- Meister, D. (1989). *Conceptual aspects of human factors*. Baltimore, MD: The Johns Hopkins University Press.
- Morawski, J. M. (2005). *Człowiek i technologia. Tajniki wzajemnych uwarunkowań*. Pułtusk: Oficyna Wydawnicza ASPRA-JR.
- Nickerson, R. S. (1992). *Looking ahead: Human factors challenges in a changing world*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Plopa, M., Makarowski, R. (2010). *Kwestionariusz Poczucia Stresu. Podręcznik*. Warszawa: Wydawnictwo Vizja Press & IT.
- Prince, C., Browsers, C. A., Salas, E. (2001). Stress and crew performance: Challenges for aeronautical decision making training. [W:] N. Johnson, N. McDonald, R. Fuller (red.), *Aviation psychology in practice* (s. 286-305). Burlington: Ashgate Publishing Company.
- Rasmussen J. (1982). Human error: A taxonomy for describing human malfunction in installation. *Journal of Occupation Accidents*, 4, 311-333.
- Ratajczak, Z. (2004). Kontrowersje wokół pojęcia ryzyka. Źródła i konsekwencje. [W:] R. Studenski (red.), *Zachowanie się w sytuacji ryzyka* (s. 59-86). Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego.
- Ratajczak, Z. (2007). *Psychologia pracy i organizacji*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Reason, J. (1990). *Human error*. New York: Cambridge University Press.
- Reber, A. S., Reber, E. (2008). *Słownik psychologii*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe Scholar.

- Salas, E., Maurino, D. E. (2010). *Human factors in aviation*. Amsterdam: Academic Press–Elsevier.
- Strelau, J. (1998). *Psychologia temperamentu*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Strelau, J. (2001). Miejsce konstruktów aktywacji w badaniach nad temperamentem. *Przegląd Psychologiczny*, 44, 3, 275-300.
- Strelau, J. (red.) (2004). *Osobowość a ekstremalny stres*. Gdańsk: Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne.
- Strelau, J. (2006). *Temperament jako regulator zachowania. Z perspektywy półwiecza badań*. Gdańsk: Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne.
- Strelau, J., Zawadzki, B. (1998). *Kwestionariusz temperamentu PTS. Podręcznik*. Warszawa: Pracownia Testów Psychologicznych.
- Szymczak, M. (red.) (1984). *Słownik języka polskiego*. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe.
- Terelak, J. F. (2007). *Stres zawodowy: Charakterystyka psychologiczna wybranych zawodów stresowych*. Warszawa: Wydawnictwo UKSW.
- Terelak, J. F. (2008). *Człowiek i stres*. Bydgoszcz: Oficyna Wydawnicza Branta.
- Tomaszewski, T. (1963). *Wstęp do psychologii*. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe.
- Tomaszewski, T. (red.) (1978). *Psychologia*. Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe.
- Tomaszewski, T. (1985). Człowiek jako podmiot i człowiek jako przedmiot. [W:] J. Reykowski, O. W. Owczynnikowa, K. Obuchowski (red.), *Studia z psychologii emocji, motywacji i osobowości* (s. 61-73). Wrocław: Zakład Naukowy im. Ossolińskich.
- Trimpop, R. M. (1994). *The psychology of risk taking behavior*. North-Holland: Publishing Co.
- Trimpop, R. M., Kerr, J. H., Kirkcaldy, B. (1999). Comparing personality constructs of risk-taking behavior. *Personality and Individual Differences*, 26, 237-254.
- Truszczyński, O. (2002). Czynniki ludzkie w zdarzeniu lotniczym. *Polski Przegląd Medycyny Lotniczej*, 1, 104-109.
- Truszczyński, O., Biernacki, M. (2010). Skalowanie udziału czynnika ludzkiego w wypadkach lotniczych. *Polski Przegląd Medycyny Lotniczej*, 1, 27-37.
- Wiegmann, D. A., Shappell, S. A. (2001). Human error perspectives in aviation. *International Journal of Aviation Psychology*, 11, 4, 341-357.
- Wiener, E. L. (1989). *Human factors in aviation*. Oxford, UK: Gulf Professional Publishing.
- Wilson, J. R. (2000). Fundamentals of ergonomics in theory and practice. *Applied Ergonomics*, 31, 557-567.

- Zaleśkiewicz, T. (2001). *Kwestionariusz SIRI (Stimulating-Instrumental Risk Inventory). Wersja eksperymentalna*. Gdańsk: Pracownia Testów Psychologicznych Instytutu Psychologii UG.
- Zaleśkiewicz, T. (2005). *Przyjemność czy konieczność. Psychologia spostrzegania i podejmowania ryzyka*. Gdańsk: Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne.
- Zink, K. J. (2006). Human factors, management and society. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 7, 437-445.