

## MODELOWANIE OBLICZENIOWE WYSTĘPOWANIA OBJAWÓW WYPALENIA ZAWODOWEGO U INFORMATYKÓW I FIZJOTERAPEUTÓW - WYNIKI WSTĘPNE

Dariusz Mikołajewski <sup>\*1,2</sup>, Jolanta Masiak<sup>2</sup>, Emilia Mikołajewska<sup>3</sup>, Grzegorz M. Wójcik<sup>4</sup>

<sup>2</sup> Instytut Informatyki, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego  
ul. Kopernika 1, 85-074 Bydgoszcz

<sup>2</sup> Samodzielna Pracownia Badań Neurofizjologicznych, Wydział Lekarski, Uniwersytet Medyczny w Lublinie,  
ul. Głuska 1, 20-439 Lublin

<sup>3</sup> Katedra Fizjoterapii, Wydział Nauk o Zdrowiu, Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy, Uniwersytet Mikołaja Kopernika  
w Toruniu, ul. Jagiellońska 13-15, 85-067 Bydgoszcz

<sup>4</sup> Katedra Neuroinformatyki i Inżynierii Biomedycznej, Wydział Matematyki, Fizyki i Informatyki, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej,  
ul. Akademicka 9/509, 20-033 Lublin

\*e-mail: dmikolaj@ukw.edu.pl

**Streszczenie:** Wypalenie zawodowe (ang. burnout) powstaje w wyniku długotrwałego narażenia na stres związany z pracą. Przejawia się ono w emocjonalnym wyczerpaniu, depersonalizacji i spadku osiągnięć osobistych. W literaturze jest wiele doniesień na temat wypalenia zawodowego wśród pracowników systemu opieki zdrowotnej, ale niewiele jest badań wśród fizjoterapeutów czy informatyków, nie mówiąc już o analizie wypalenia zawodowego za pomocą metod sztucznej inteligencji. Celem niniejszego badania jest wypełnienie tej luki.

**Słowa kluczowe:** inteligencja obliczeniowa, sztuczne sieci neuronowe, wypalenie zawodowe, zaangażowanie w pracę, motywacja do pracy.

### Computational modelling occurrence of burnout symptoms in computer scientists and physiotherapists - preliminary results

**Abstract:** Burnout is caused by prolonged exposure to work-related stress. It manifests itself in emotional exhaustion, depersonalisation and reduced personal achievement. There are many reports in the literature on burnout among healthcare professionals, but there are few studies among physiotherapists or IT professionals, let alone analysing burnout using artificial intelligence methods. This study aims to fill this gap.

**Keywords:** computational intelligence, artificial neural networks, professional burnout, commitment to work, motivation to work.

## 1. Wprowadzenie

Wypalenie zawodowe (ang. *burnout*) powstaje w wyniku długotrwałego narażenia na stres związany z pracą. Przejawia się ono w emocjonalnym wyczerpaniu, depersonalizacji i spadku osiągnięć osobistych. W literaturze jest wiele doniesień na temat wypalenia zawodowego wśród pracowników systemu opieki zdrowotnej, ale niewiele jest badań wśród fizjoterapeutów czy informatyków [1-6], nie mówiąc już o analizie sztucznej inteligencji [7-8]. Celem niniejszego badania jest wypełnienie tej luki.

Wysoki poziom wypalenia zawodowego wpływa zarówno na postawę pracownika, jak i funkcjonowanie całej organizacji, w której pracuje. Poczucie wypalenia prowadzi do zmniejszenia zaangażowania w pracę. Gorsza gotowość do pracy, nieobecności i częstsze zwolnienia lekarskie wpływają negatywnie na jakość pracy, a przeciążenie pozostałych członków zespołu zwiększa ryzyko błędów i niedociągnięć.

Badania prowadzone wśród pracowników systemu opieki zdrowotnej, w tym fizjoterapeutów, wskazują, że wypalenie zawodowe wynika z długotrwałego narażenia na stres, a pośrednio: z czynników organizacyjnych, takich jak brak autonomii zawodowej, zła organizacja pracy, brak sprzętu i współpracowników o odpowiednim poziomie wiedzy i doświadczenia, praca przeciążenie lub presja czasu. Wśród pracowników systemu opieki zdrowotnej dodatkowymi przyczynami może być jeszcze praca z pacjentami (osobami zmagającymi się z chorobą i ich rodzinami), poczucie misji zawodu medycznego, empatia i niekiedy bezsilność w obliczu ludzkiej tragedii.

## 2. Metodologia

Na badanie wyraziła zgodę Komisja Bioetyczna przy Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu.

### 2.1. Materiał

Wszyscy uczestnicy podpisali zgodę na udział w badaniach. Przyjęto następujące kryteria włączenia: tytuł zawodowy magistra lub licencjata w fizjoterapii lub magistra lub inżyniera w informatyce oraz praca w zawodzie.

Tabela 1. Grupa badana 1: informatycy.

	Wiek	Staż pracy
Średnia	25,50	3,38
SD	4,34	2,73
Wartość minimalna	20	0
Q1	22,5	1
Mediana	24,5	3
Q3	27	4,5
Wartość maksymalna	34	9
Rozkład	normalny	różny od normalnego
Płeć: - mężczyźni (M): 9 (56,25%) - kobiety (K): 7 (43,75%)		

Tabela 2. Grupa badana 2: fizjoterapeuci.

	Wiek	Staż pracy
Średnia	27,50	3,25
SD	4,29	2,84
Wartość minimalna	24	1
Q1	24	1
Mediana	25	1,5
Q3	32,25	7
Wartość maksymalna	34	8
Rozkład	normalny	różny od normalnego
Płeć: - mężczyźni (M): 8 (50,00%) - kobiety (K): 8 (50,00%)		

Średnie, odchylenia standardowe i mediany wieku i stażu oraz podział wg płci w obu grupach badanych były porównywalne.

### 2.2. Metody

Uczestnicy badania otrzymali osobiście zestaw kwestionariuszy zawierających szczegółowe informacje na temat celu i charakteru badania oraz dane autorów projektu. Po tygodniu wypełnione kwestionariusze zostały osobiście odebrane od respondentów.

Dotychczas wypracowano różne narzędzia do diagnozowania stresu związanego z pracą oraz wypalenia zawodowego, jednak ich stosowaniu towarzyszy jednak wiele problemów.

W niniejszej pracy do pomiaru stresu i wypalenia zawodowego zastosowano: Kwestionariusz Wypalenia Zawodowego (ang. *Maslach Burnout Inventory* – MBI), Skalę Satisfakcji z Życia (ang. *Satisfaction with Life*

Scale - SWLS), Skalę Odczuwanego Stresu (ang. *Perceived Stress Scale* - PSS-10) oraz wspomagająco *Nordic Musculoskeletal Questionnaire* (NMQ).

MBI koncentruje się na wykrywaniu emocji. Składa się z 22 pytań, na które składają się trzy skale: wyczerpania emocjonalnego (9 pytań), depersonalizacji (5 pytań) i osiągnięć osobistych (8 pytań). Respondenci odpowiadają na pytanie, jak często czują się w szczególny sposób w skali 0-6, gdzie 0 oznacza "nigdy", a 6 oznacza "codziennie". Wypalenie zawodowe potwierdzają wysokie wyniki uzyskane w podskali wyczerpania emocjonalnego (9-54 punkty) i depersonalizacji (5-30 punktów) oraz niskie wyniki w podskali osiągnięć osobistych (8-48 punktów). Kwestionariusz ten został zweryfikowany w języku polskim i uzyskał następujące wartości alfa dla skal: wyczerpania emocjonalnego 0,85, depersonalizacji 0,60, osiągnięć osobistych 0,76.

SWLS zawiera pięć stwierdzeń odnoszących się do dotychczasowego życia osoby badanej, a wynikiem pomiaru jest ogólny wskaźnik poczucia zadowolenia z życia. Alfa Cronbacha dla SWLS wyniosła 0,81.

PSS-10 zawiera dziesięć pytań dotyczących subiektywnych odczuć związanych z problemami i zdarzeniami osobistymi, a uzyskany wynik służy do pomiaru stresu odczuwanego przez badanego. Normy dla PSS-10 są tabelaryczne, uzależnione od grupy wiekowej, płci i rasy.

NMQ jest standaryzowanym kwestionariuszem wykorzystywanym w badaniach epidemiologicznych do porównania dolegliwości związanych z dolnym odcinkiem kręgosłupa, szyją, ramionami i dolegliwościami ogólnymi. w niniejszym badaniu pozwala on powiązać stres z dolegliwościami bólowymi. Dane dotyczące częstości występowania ww. objawów są sumowane w ostatnich 12-miesięcznych i 7-dniowych okresach dla każdego z dziewięciu różnych miejsc anatomicznych.

W badaniu wykorzystano własną ankietę obejmującą zmienne demograficzne i organizacyjne (wiek, staż pracy).

### 2.3. Analiza statystyczna

Analizę statystyczną danych przeprowadzono przy użyciu programu Statistica (wersja 13.3). Do analizy normalności wykorzystano test Shapiro-Wilka. Analizę statystyczną prowadzono za pomocą testu  $\chi^2$ , testu t-Studenta. Siłę i kierunek korelacji oceniano w oparciu

o wartość Rho Spearmana. Istotność przyjęto na poziomie  $p < 0,05$ .

### 2.4. Analiza sztucznieinteligentna

Modele obliczeniowe wypalenia zawodowego są rzadko spotykane. Wynika to częściowo z braku kompletnej wiedzy nt. korelatów neuronalnych wypalenia zawodowego, koncentrujące się głównie na obszarze osi podwzgórze - przysadka mózgowo-rdzeniowa (ang. *hypothalamus-pituitary-adrenal axis*) [9]. Dotychczas próby ich konstruowania są spotykane głównie w modelowaniu czynników treningu sportowego i związanym z tym wypaleniem [10-13]. W niniejszej pracy do modelowania wykorzystano tradycyjne sztuczne sieci neuronowe (ang. *artificial neural network* - ANN).

### 3. Wyniki

Wyniki ankiety przedstawione są w tabelach 3-6.

Tabela 3. Wyniki PSS-10 w obu grupach.

	Informatycy	Fizjoterapeuci
Średnia	19	28,81
SD	3,03	2,64
Wartość minimalna	14	25
Q1	18,5	27,5
Mediana	20	28
Q3	21	31,25
Wartość maksymalna	24	33
Rozkład	normalny	normalny

Średnie wyniki PSS-10 były znacząco wyższe i bardziej odbiegające od normy w grupie fizjoterapeutów (o 51.63% wyższe niż w grupie informatyków). Wyniki w obydwu grupach były znacząco wyższe niż norma PSS-10 w grupie wiekowej 18-29 lat ( $14,2 \pm 6,2$ ) oraz 30-44 lata ( $13,0 \pm 6,2$ ), przy czym normy dla kobiet są o ok. 1,0 wyższe niż dla mężczyzn.

Średnie wyniki SWLS były porównywalne w obydwu grupach (o 2,99% wyższe w grupie informatyków). W porównaniu do normalizacyjnych badań polskich (ogółem  $20,37 \pm 5,32$ , kobiety  $21,09 \pm 5,26$ , mężczyźni  $20,11 \pm 5,43$ ) [14] wyniki w obu grupach są znacznie niższe od normy (w grupie informatyków o 15,61%, a w grupie fizjoterapeutów o 18.07%).

**Tabela 4.** Wyniki SWLS w obu grupach.

	Informatycy	Fizjoterapeuci
Średnia	17,19	16,69
SD	3,02	5,06
Wartość minimalna	14	12
Q1	15	13
Mediana	16	14,5
Q3	18	18,25
Wartość maksymalna	23	25
Rozkład	normalny	normalny

**Tabela 5.** Wyniki MBI w obu grupach.

	Informatycy	Fizjoterapeuci
Średnia	53,25	48,69
SD	21,26	18,41
Wartość minimalna	24	32
Q1	34	35,5
Mediana	56	42
Q3	71,75	53,75
Wartość maksymalna	77	79
Rozkład	różny od normalnego	różny od normalnego

Mediana wyników MBI w grupie informatyków była wyższa (o 33,33% wyższa w grupie informatyków). Wypalenie zawodowe u fizjoterapeutów objawia się zwiększonym poziomem wyczerpania emocjonalnego i zmniejszonym poziomem osiągnięć osobistych, ale niewiele przejawia się w depersonalizacji. Rozkład ww. poziomów w każdej z badanych grup wymaga odrębnych badań i modelowania obliczeniowego.

**Tabela 6.** Wyniki NMQ w obu grupach.

	Informatycy	Fizjoterapeuci
Średnia	4,13	4,31
SD	1,82	1,85
Wartość minimalna	2	1
Q1	3	3,5
Mediana	4	5
Q3	5,5	5,5
Wartość maksymalna	8	7
Rozkład	różny od normalnego	różny od normalnego

Informatycy zgłaszali przeciętnie 4 dolegliwości bólowe przy 5 zgłaszanych przez fizjoterapeutów. Mediana

wyników NMQ w grupie fizjoterapeutów była wyższa (o 25% wyższa od mediany w grupie informatyków), co wskazuje na większą urazowość w tej grupie. Ww. dane muszą zostać poddane dalszym analizom dotyczącym miejsc urazów i częstości ich występowania. Wstępne analizy wskazują na częstsze występowanie dolegliwości szyi u informatyków, a pleców u fizjoterapeutów.

### 3.2. Korelacje

W grupie informatyków zaobserwowano umiarkowane pozytywne korelacje pomiędzy wynikami MBI i PSS-10 oraz umiarkowane negatywne korelacje pomiędzy wynikami SWLS i NMQ.

**Tabela 7.** Korelacje w grupie informatyków.

	PSS-10	SWLS	MBI	NMQ
PSS-10	-	n.s.	0,473 p=0,049	n.s.
SWLS		-	n.s.	-0,568 p=0,022
MBI			-	n.s.
Nordic				-

W grupie fizjoterapeutów zaobserwowano wysokie pozytywne korelacje pomiędzy wynikami MBI i NMQ oraz umiarkowane pozytywne korelacje pomiędzy wynikami MBI i PSS-10 oraz wynikami SWLS i PSS-10. Wysokie negatywne korelacje zaobserwowano pomiędzy wynikami SWLS i NMQ.

**Tabela 8.** Korelacje w grupie fizjoterapeutów.

	PSS-10	SWLS	MBI	NMQ
PSS-10	-	0,488 p=0,039	0,477 p=0,036	n.s.
SWLS		-	n.s.	-0,610 p=0,012
MBI			-	0,789 p<0,001
Nordic				-

Różnice w korelacjach pomiędzy grupami badanymi wystąpiły w istnieniu w grupie fizjoterapeutów wysokie pozytywne korelacje pomiędzy wynikami MBI i NMQ oraz oraz umiarkowanych pozytywnych korelacji pomiędzy wynikami SWLS i PSS-10.

### 3.3. Wyniki modelowania

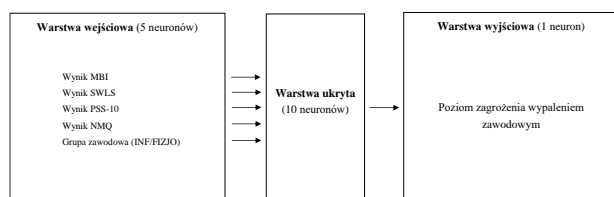
Do optymalizacji parametrów wykorzystano trójwarstwową ANN zbudowaną i wytrenowaną w środowisku MATLAB R2021b z wykorzystaniem

Neural Networks Toolbox. Sieć typu perceptron wielowarstwowy (ang. *multilayer perceptron* - MLP) okazała się korzystna do optymalizacji i predykcji parametrów wejściowych i wyjściowych. W modelu zastosowano:

- trójwarstwową sieć neuronową typu feed-forward,
- algorytm wstecznej propagacji (ang. *backpropagation* - BP) - popularną gradientową technikę optymalizacji opartą na przeszukiwaniu lokalnym,
- optymalizację wag połączeń MLP zadaną do minimalizacji funkcji błędu (tj. średniego błędu średniokwadratowego (ang. *mean squared error* - MSE) uśrednionego dla wszystkich przykładów treningowych,
- wstępnie ustawione wagi ANN w celu uniknięcia powolnego tempa zbieżności błędów i wpadania w pułapki lokalnych minimów,
- naiwne techniki inicjalizacji.
- stosunkowo duży udział wzorców treningowych w całkowitym zbiorze wzorców: 87,5%.

Struktura powyższej sieci została przedstawiona na rysunkach 1-2 oraz w tabelach 9 i 10.

**Rysunek 1.** Struktura sieci neuronowej w wersji podstawowej.



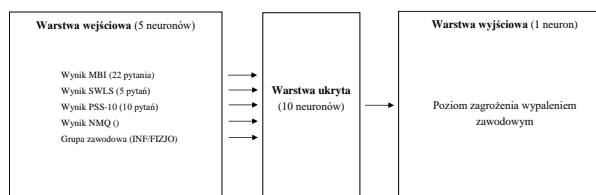
Każda warstwa sieci zawierała neurony o tej samej funkcji aktywacji (tabela 9).

**Tabela 9.** Funkcje aktywacji w modelu w wersji podstawowej.

NS	AH	AO
5-10-1	Sigmoidalna	Sigmoidalna

Gdzie: NS - warstwowa struktura ANN; AH - typ funkcji aktywacji w warstwie ukrytej; AO - typ funkcji aktywacji w warstwie wyjściowej.

**Rysunek 2.** Struktura sieci neuronowej w wersji zaawansowanej.



Każda warstwa sieci zawierała neurony o tej samej funkcji aktywacji (tabela 5).

**Tabela 9.** Funkcje aktywacji w modelu w wersji podstawowej.

NS	AH	AO
5-10-1	Sigmoidalna	Sigmoidalna

Gdzie: NS - warstwowa struktura ANN; AH - typ funkcji aktywacji w warstwie ukrytej; AO - typ funkcji aktywacji w warstwie wyjściowej.

**Table 10.** Ocena jakości ANN

Nazwa sieci	Jakość (uczenie)	Jakość (testowanie)
MLP 5-20-1	0.8221	0.8343
MLP xx-xx-1	0.8533	0.8712

**Table 6.** Wartości MSE dla poszczególnych ANN

Nazwa sieci	MSE
MLP 5-10-1	0.01
MLP xx-xx-1	0.01

Ww. modele obliczeniowe wypalenia zawodowego będą rozwijane w ramach dalszych badań.

#### 4. Dyskusja

W niniejszym opracowaniu wskaźniki wypalenia odniesiono do poziomów odniesienia określonych przez autorów MBI, SWLS i PSS-10. Na tej podstawie stwierdzono, że wypalenie u fizjoterapeutów objawia się zwiększonym poziomem wyczerpania emocjonalnego i zmniejszonym poziomem osiągnięć osobistych, ale niewiele przejawia się w depersonalizacji. Jednak ze względu na fakt, że przytoczone poziomy referencyjne częściowo nie zostały oparte na populacji polskiej, analizy te nie mogą być podstawą do wyciągania merytorycznych wniosków i wymagają dalszych badań.

Dotychczas uważano, że informatycy pracują w komfortowych warunkach. Jednak można założyć, że

braki na rynku, spotęgowane jeszcze zwiększonym zapotrzebowaniem wynikającym z pandemii, powodują problemy z pozyskaniem pracowników o odpowiednio wysokich kwalifikacjach, co niekorzystnie wpływa na warunki pracy. Wyższe dochody mogą być okupione dłuższą pracą na jednoosobowej działalności gospodarczej.

Ograniczeniem badania była mała liczba badanych oraz szeroki dobór narzędzi badawczych, stąd wyniki badania można potraktować jako wstępne. Zarówno metody badawcze, jak i analityczne zostaną rozwinięte na potrzeby kolejnych publikacji, a wnioski z nich posłużą do projektowania kolejnych badań, a być może również kolejnych, efektywniejszych narzędzi badawczych, ich zestawów oraz modeli.

Przy dużej ilości danych wejściowych oraz potrzebie uzyskania szybkiej zbieżności sieci, w tym w czasie rzeczywistym lub zbliżonym do rzeczywistego, należy rozważyć wykorzystanie uczenia głębokiego, w tym konwolucyjnych sieci neuronowych. Pozwoli to wykorzystać podane narzędzia w badaniach przesiewowych, w tym osób z grup ryzyka, których są znaczne ilości (praktykujących w zawodzie fizjoterapeuci ok. 50 tys., informatycy ok. 200 tys.).

## 5. Wnioski

Badanie potwierdziło, że fizjoterapeuci, podobnie jak inni pracownicy systemu opieki zdrowotnej, mogą być narażeni na wypalenie zawodowe. Informatycy są mniej narażeni na wypalenie zawodowe, jednak należy to uważnie obserwować, a model obliczeniowy mogą pomóc we wczesnej predykcji szkodliwych zmian i opracowaniu odpowiedniej strategii prewencji wypalenia zawodowego. Oferowanie lepszych możliwości szkoleń, awansów i bezpieczniejszego środowiska pracy może być rozwiązaniem pozwalającym na zmniejszenie wypalenia zawodowego i zwiększenie satysfakcji z kariery i zaangażowania w pracę. Jest to szczególnie ważne przy pracy zdalnej, gdy objawów wypalenia zawodowego nie da się zaobserwować w bezpośrednim kontakcie z pracownikiem.

## Literatura

1. Mikołajewska E. Strategie prewencji urazów związanych z pracą u fizjoterapeutów. *Med. Pr.* 2016; 67(5):673–679.
2. Mikołajewska E. Stres związany z pracą i wypalenie zawodowe u fizjoterapeutów – przegląd literatury. *Med. Pr.* 2014; 65(5):693–701.
3. Mikołajewska E. Urazy mięśniowo-szkieletowe związane z pracą u fizjoterapeutów]. *Med. Pr.* 2013; 64(5):681–687.
4. Mościcka-Teske A., Drabek M., Pyżalski J. Doświadczanie mobbingu i wrogich zachowań w miejscu pracy a występowanie objawów wypalenia zawodowego u nauczycieli. *Med Pr* 2014; 65(4):535–542.
5. Pustułka-Piwnik U., Ryn Z. J., Krzywoszański Ł., Stożek J. Zespół wypalenia zawodowego u fizjoterapeutów a zmienne demograficzne i organizacyjne. *Med Pr* 2014; 65(4):453–462.
6. Dębska G., Wilczek-Rużyczka E., Foryś Z, Pasek M. Ocena własności psychometrycznych polskiej adaptacji kwestionariusza Meistersa do oceny obciążenia psychicznego w pracy pielęgniarki. *Med Pr* 2013; 64(3):349–358.
7. Yu J., Gao J., Chen J., Sun Y. Academic versus non-academic neurosurgeons in China: a national cross-sectional study on workload, burnout and engagement. *BMJ Open.* 2019; 9(10):e028309.
8. Martinez E., Mera G., González C., López D. M., Blobel B. EmoBurnout: An Approach for Supporting Burnout Syndrome Diagnosis. *Stud Health Technol Inform.* 2015; 211:111-8.
9. Chow Y., Masiak J., Mikołajewska E., Mikołajewski D., Wójcik G. M., Wallace B., Eugene A., Olajosy M. Limbic brain structures and burnout - A systematic review. *Advances in Medical Sciences* 2018; 63(1):192-198.
10. Lehmann M. J., Lormes W., Opitz-Gress A., Steinacker J. M., Netzer N., Foster C., Gastmann U. Training and overtraining: an overview and experimental results in endurance sports. *J Sports Med Phys Fitness.* 1997; 37(1):7-17.
11. Blain B., Hollard G., Pessiglione M. Neural mechanisms underlying the impact of daylong cognitive work on economic decisions. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2016; 113(25):6967-72.
12. Gomes A. R., Faria S., Vilela C. Anxiety and burnout in young athletes: The mediating role of cognitive appraisal. *Scand J Med Sci Sports.* 2017; 27(12):2116-2126.
13. Kable J. W., Caulfield M. K., Falcone M., McConnell M., Bernardo L., Parthasarathi T., Cooper N., Ashare R., Audrain-McGovern J., Hornik R., Diefenbach P., Lee F. J., Lerman C. No Effect of Commercial Cognitive Training on Brain

- Activity, Choice Behavior, or Cognitive Performance. *J Neurosci.* 2017; 37(31):7390-7402.
14. Juczyński Z. Skala satysfakcji z życia - AIS. Narzędzia pomiaru w promocji i psychologii zdrowia. Pracownia Testów Psychologicznych Polskiego Towarzystwa Psychologicznego 2001, s. 134-139.