

## Wielokryterialna analiza wyników badania wypalenia zawodowego

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

<sup>1</sup> Instytut Informatyki, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, ul. Kopernika 1, 85-074 Bydgoszcz  
\*e-mail: dmikolaj@ukw.edu.pl

<sup>2</sup> Pracownia Badań Neurofizjologicznych, II Klinika Psychiatrii i Rehabilitacji Psychiatrycznej, Wydział Lekarski,  
Uniwersytet Medyczny w Lublinie, Aleje Raclawickie 1, 20-059 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, Instytut Informatyki, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej,  
Pl. M. Curie-Skłodowskiej 5 20-031 Lublin

*Streszczenie: Celem niniejszego badania poświęconego wielokryterialnej analizie wypalenia zawodowego jest wypełnienie istniejącej luki badawczej, wnosząc element nowości i umożliwiając przyszłościowe porównanie z innymi metodami analitycznymi stosowanym do oceny wypalenia zawodowego. Koncepcja wykorzystania MCA w analizie wyników wypalenia zawodowego wydaje się przydatna i efektywna. MCA działa w tym przypadku jako użyteczne narzędzie obliczeniowe. Może być skutecznie stosowane w obszarze wypalenia zawodowego i stresu związanego z pracą, gdzie metodologie oparte na pojedynczych kryteriach dają niepewne wyniki, są dyskusyjne lub mogą być uznane za nieskuteczne, gdyż istotne dla właściwej oceny i podjęcie decyzji czynniki (organizacyjne, społeczne, środowiskowe i inne) nie mogą być wyrażone w kategoriach wartości obiektywnych lub są wyrażane lingwistycznie. Dalsze badania z wykorzystaniem logiki rozmytej mogą przynieść kolejny etap rozwoju proponowanej metody w kierunku podejścia całościowego.*

**Słowa kluczowe:** informatyka; modele obliczeniowe; analiza wielokryterialna; wypalenie zawodowe; stres związany z pracą

## Multicriteria analysis of the results of a burnout survey

**Abstract:** *The aim of this study on multi-criteria analysis of job burnout is to fill an existing research gap, bringing an element of novelty and enabling a near comparison with other analytical methods used to assess job burnout. The concept of using the MCA in the analysis of occupational burnout outcomes appears useful and effective. The MCA acts as a useful computational tool in this case. It can be effectively applied in the area of job burnout and work-related stress, where single-criteria methodologies produce uncertain results, are debatable or may be considered ineffective, because the factors (organizational, social, environmental and other) relevant for proper assessment and decision-making cannot be expressed in terms of objective values or are expressed linguistically. Further research using fuzzy logic may bring the next step in the development of the proposed method towards a holistic approach.*

**Keywords:** *computer science; computational models; multi-criteria analysis; job burnout; job stress*

### 1. Wprowadzenie

Wielokryterialna analiza danych medycznych (ang. *multicriteria analysis* - MCA) staje się coraz bardziej popularna jako element konieczny do uwzględnienia możliwie dużej liczby czynników wpływających na stan zdrowia pacjenta. Jest to coraz ważniejsze w świetle nagromadzenia w ostatnich latach wydarzeń, które mogą wpływać na stan zdrowia Polaków, a dotychczas nie były brane pod uwagę, takich jak rosnące zanieczyszczenie środowiska, społeczne skutki pandemii, kryzys gospodarczy i inflacja, wojna w Ukrainie. Wynika to z faktu, że dobrostan (ang. *wellbeing*)

stanowi ważny element wpływający na jakość życia związaną ze zdrowiem (ang. *health-related quality of living* - HRQoL). W latach 1989-2022 w sześciu wiodących medycznych bazach bibliograficznych zaobserwowano 112 publikacji wykorzystujących MCA, z czego 78 (69,64%) w ostatnich 10 latach, a 55 (49,11%) w ostatnich 5 latach - zatem ich liczba dynamicznie rośnie, choć liczba prac i tempo wzrostu wciąż pozostają dalekie od potrzeb. Do tej pory nie zaobserwowano badań wykorzystujących MCA do analizy wypalenia zawodowego, natomiast dwie publikacje dotyczyły analizy stresu [1,2]. Pierwsza z ww. prac dotyczy zależności pomiędzy percepcją dźwięków a samo-

poczuciem w parku uniwersyteckim na terenie kampusu Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie (Kortowo, Polska). Wskaźniki różniły się w okresie bezlistnym i liściastym. Co ciekawe w niektórych obszarach w pobliżu wody, pomimo że odnotowano tam wyższe poziomy hałas, nie spowodowało to obniżenia komfortu [1]. Druga z ww. prac identyfikuje obszary, na których liczba ludności rośnie szybciej niż ilość terenów dostępnych dla zrównoważonego rozwoju w USA w latach 2001-2011. Mniejsza dostępność terenu powoduje problemy z rozwojem i może być zastosowana w innych regionach (np. do analizy rynku mieszkaniowego w Polsce i jego wpływu na samopoczucie mieszkańców), jak również w badaniach globalnych [2]. Nie zaobserwowano żadnych prac za zakresu analizy wielokryterialnej wspartej inteligencją obliczeniową (ang. *computational intelligence* - CI), a tym podejściem opartym na danych (ang. *machine learning* - ML). W zakresie wypalenia zawodowego pewne elementy analizy wielokryterialnej pokazaliśmy w naszych poprzednich pracach, opartych głównie o analizę rozmytą [3,4]. W obszarze innych schorzeń ciekawe podejście zaproponowali Fabisiak i wsp. w analizie diagnostycznej pacjenta z chorobą zwyrodnieniową stawu biodrowego [5]. Zaproponowano również krajowe podejście MCDA (ang. *multi criteria decision analysis*) do polskiego systemu refundacji nieonkologicznych chorób rzadkich mogący funkcjonować jako uzupełnienie standardowych kryteriów refundacyjnych. Zatem w warunkach krajowych pojawia się już koncepcja wykorzystania MCA jako systemu drugiej opinii.

Celem niniejszego badania poświęconego wielokryterialnej analizie wypalenia zawodowego jest wypełnienie istniejącej luki badawczej, wnosząc element nowości i umożliwiając przyszłościowe porównanie z innymi metodami analitycznymi stosowanym do oceny wypalenia zawodowego.

## 2. Materiał i metody

### 2.1. Materiał

Kryteria włączenia do badania stanowił wiek co najmniej 18 lat oraz praca w zawodzie co najmniej od 12 m-cy. Od badanych nie wymagano ukończenia studiów, gdyż do pracy w zawodzie informatyka nie jest to wymagane, a jeszcze do niedawna (do wprowadzenia Ustawy o zawodzie fizjoterapeuty) fizjoterapeuci kończyli również studia licencjackie, a wcześniej: medyczne studium zawodowe. Do badania zakwalifikowano dwie grupy: grupa 1 (fizjoterapeuci, N = 50), grupa 2 (informatycy, n =

50). Charakterystykę grup badanych podsumowano w tabeli 1.

Tabela 1. Charakterystyka grup badanych.

	<b>Grupa 1 (n=50, 100%)</b>	<b>Grupa 2 (n=50, 100%)</b>
Wiek [lata]:		
Średnia	27.88	28.44
SD	4.17	4.79
Min	22	22
Q1	24	23
Mediana	26	26
Q3	30	29
Max	34	35
Staż pracy [lata]:		
Średnia	4.20	5.36
SD	1.61	1.53
Min	1	1
Q1	1	2
Mediana	4	5
Q3	7	8
Max	10	13
Płeć:		
Kobiety (F)	30 (60%)	30 (60%)
Mężczyźni (M)	20 (40%)	20 (40%)

Na badanie uzyskano zgodę Komisji Bioetycznej Collegium Medicum im. Ludwika Rydygiera w Bydgoszczy.

### 2.2. Metody

Analizę wielokryterialną, należącą do badań operacyjnych, stosuje się w przypadkach, w których duża liczba uwarunkowań oraz zmienność różnych stanów nasilenia choroby pacjenta powoduje problem z ustaleniem optymalnego momentu wdrożenia terapii, jej korekty lub zmiany na inny rodzaj interwencji. Główna motywacja wdrożenia MCA wynika z potrzeby zwiększenia znaczenia obliczeniowej analizy danych w obiektywnym rozwiązywaniu problemów decyzyjnych (planowania, zarządzania terapią). Z tego punktu widzenia MCA obejmuje zestaw ustrukturyzowanych procedur projektowania, oceny i wyboru alternatyw decyzyjnych na podstawie sprzecznych i niewspółmiernych kryteriów. W ww. procesie dane są przekształcane i łączone z wykorzystaniem preferencji (sądów wartościujących) na podstawie dwóch lub więcej kryteriów w celu uzyskania informacji użytecznych do podejmowania decyzji. Aby to

osiągnąć dokonuje się jednocześnie analizy wszystkich możliwych alternatyw i preferencji oraz ich oceny pod różnymi kryteriami. Wymaga to wyszczególnienia preferowanych celów i zadań oraz rozpoznania odpowiadających im cech i wskaźników. Z obliczeniowego punktu widzenia można zatem przyjąć, że ww. ocena wskaźników opiera się na ilościowej analizie różnych kategorii jakościowych wpływu. należy jednak zaznaczyć, że dotychczas nie wypracowano jednego wiodącego podejścia do klasyfikacji, porównania i wyboru najlepszej alternatywy w warunkach przyjęcia określonych kryteriów, w tym w decyzjach klinicznych.

Zwraca uwagę fakt, że nawet dysponowanie dużą ilością wypracowanych wcześniej sposobów interpretacji zjawisk związanych ze schorzeniami typu wypalenie zawodowe może nie rozwiązywać problemu użyteczności ww. metod dla konkretnych problemów decyzyjnych. Z ww. względów każda próba wypracowania podejścia zunifikowanego jest cenna i może stanowić źródło inspiracji dla kolejnych zespołów badawczych.

Zaproponowano 5 kryteriów do analizy MDA:

- Perceived Stress Score (PSS10),
- Maslach Burnout Inventory (MBI), w trzech podskalach,
- Satisfaction with Life Scale (SWLS),
- Minnesota Satisfaction Questionnaire - Short Form (MSQ-SF),
- Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ).

Tabela 2. Kryteria stosowane w wykorzystywanych testach.

Test	Kierunek zmian	Punkcja
PSS10		1-4: niski 7-10: wysoki
MBI	wyższy wynik oznacza większy stres	trzy podskale: wyczerpanie emocjonalne (9), depersonalizacja (5) i osiągnięcia osobiste (8)
SWLS	wyższy wynik oznacza wyższą jakość życia	zakres wyników 5-35, przy czym: 5-9 skrajne niezadowolenie z życia, 20 - neutralne, 31-35 - skrajne zadowolenie z życia
MSQ-SF	wyższy wynik oznacza wyższą satysfakcję z pracy	20-100 co najmniej 50 oznacza satysfakcję z pracy
NMQ	wyższy wynik oznacza wyższą liczbę problemów zdrowotnych	czy pacjent ma problemy z lokomocją i jak często

Każde z kryteriów zostało zdefiniowane i przypisano im także konkretne poziomy realizacji. Znaczenie i wagi poszczególnych kryteriów zostały ustalone na podstawie aktualnych wytycznych klinicznych. Zaproponowany algorytm został oparty na zdefiniowanych preferencjach: ocenianego pacjenta należy przeanalizować pod kątem wszystkich pięciu kryteriów i wybrać opisujące go poziomy. Wynikiem oceny jest suma wag dla wybranych poziomów tj. wartość na skali 0–100%, gdzie wyniki 0 i 100% odpowiadają najniższemu i najwyższemu poziomowi wszystkich kryteriów. Uzyskane wyniki każdorazowo zestawiono z progami odcięcia, po przekroczeniu których rekomenduje się zakwalifikowanie do konkretnych grup ryzyka wypalenia zawodowego.

W świetle analiz własnych ww. podejście jest prawidłowe metodologicznie [6,7] i zgodne z diagnostyką różnicową wypalenia zawodowego. Natomiast trudno je odnieść do innych zespołów, takich jak np. zespół przewlekłego zmęczenia (ang. *chronic fatigue syndrome* - CFS) czy zespół przetrenowania [8,9].

Wyniki badań były zapisywane w arkuszu kalkulacyjnym MS Excel i poddawane analizie statystycznej przy użyciu programu Statistica 13 (StatSoft, Tulsa, USA). Normalność rozkładu danych sprawdzano każdorazowo za pomocą testu Shapiro-Wilka ( $\alpha = 0,05$ ). Wartości dla rozkładów zbliżonych do rozkładu normalnego przedstawiono za pomocą wartości średniej i odchylenia standardowego (SD). Wartości dla rozkładów odbiegających od rozkładu normalnego przedstawiono za pomocą mediany, wartości minimalnej, wartości maksymalnej oraz dolnego kwartyla (Q1) i górnego kwartyla (Q3).

Do budowy drzewa MCA wykorzystano oprogramowanie ELECTRE Tri 2.0 (*ELimination and ChoiceExpressingREality*) [10].

### 3. Wyniki

W związku z przeprowadzonymi badaniami celem pracy było wyłonienie pacjentów, którzy reprezentują poszczególne poziomy ryzyka wypalenia zawodowego w założonej *a priori* pięciostopniowej skali profilowania proporcjonalnego (Bardzo wysokie, Wysokie, Średnie, Niskie, Najniższe) najlepiej spełniali postulat zakwalifikowania. W badaniu celowo użyto sformułowania "najniższe" a nie "Brak ryzyka" - gdyż decyzję o tym podejmuje człowiek, a osoby, które docelowo trafią do grupy badanej mogą być do niej wcześniej kwalifikowane lub podlegać ponownej ocenie. Wynikiem badania jest ranking klasyfikacji badanych pacjentów, którego zbiorcze wyniki przedstawiono w Tabeli 3.

Tabela 3. Zbiorcze wyniki rankingu klasyfikacji badanych pacjentów.

Klasyfikacja	Grupa 1 (N=50, 100%)	Grupa 2 (N=50, 100%)
Bardzo wysokie	5 (10%)	2 (4%)
Wysokie	7 (14%)	4 (8%)
Srednie	10 (20%)	11 (22%)
Niskie	12 (24%)	14 (28%)
Najniższe	16 (32%)	19 (38%)

Porównując udział procentowy poszczególnych grup widać, że ryzyko wypalenia zawodowego jest większe w grupie fizjoterapeutów niż informatyków.

#### 4. Dyskusja

Jak wynika z wcześniejszej analizy w literaturze przedmiotu brakuje wskazania konkretnego wiodącego w MCA podejścia do klasyfikacji, porównania i wyboru najlepszej alternatywy w warunkach przyjęcia określonych kryteriów w decyzjach klinicznych. W przypadku analizy danych obejmujących stan zdrowia, pomimo możliwości wyboru jednej spośród zróżnicowanej palety metod wspomaganie podjęcia decyzji, wybór najlepszego zestawu narzędzi indywidualnie na potrzeby badanego problemu pozostaje obciążony ryzykiem. Pomimo to takie parametryczne podejście do modelowania i podejmowania decyzji może zapewnić lepsze dopasowanie cech branych pod uwagę do wymagań terapii personalizowanej, rodzaju i poziomu problemów zdrowotnych oraz indywidualnych celów procesu powrotu do zdrowia.

##### 5.1. Ograniczenia badań

Nasze badania łączą wyniki testów ilościowych (jak NMQ) z informacjami dotyczącymi subiektywnych odczuć pacjenta dotyczących zadowolenia z życia, które za pomocą metody decyzyjnej wspomogą klinicystów w podjęciu decyzji. w dalszy jednak ciągu pozostaje to jedynie systemem drugiej opinii, a ciężar decyzji spoczywa na człowieku.

Pewnym ograniczeniem niniejszego badania jest nieuwzględnienie w procesie decyzyjnym kosztów potencjalnego leczenia. W ostatecznej wersji systemu będą one musiały być brane pod uwagę ze względu na ograniczone

zasoby systemu oraz zróżnicowane koszty farmakoterapii domowej czy leczenia ambulatoryjnego lub szpitalnego. Podobnie na obecnym etapie badań nie uwzględniono kosztów absencji w pracy czy świadczeniami rentowymi. Podejście obliczeniowe umożliwia uwzględnienie ww. czynników, jednak wymaga to szerszego podejścia do problemu i wprowadzenia dodatkowych elementów procesu decyzyjnego. Pozwoli to jednak uczynić decyzje systemu drugiej opinii bardziej zgodnymi z rzeczywistością, w tym z dylematami przed którymi stają klinicyści.

W badaniu nie stosowano kryteriów opisowych takich jak poczucie równości czy sprawiedliwości społecznej ze względu na trudność w ich zdefiniowaniu oraz brak wystarczających danych z wywiadu. Zatem przy kwalifikowaniu do grupy ryzyka wypalenia zawodowego nie brano pod uwagę zadań społecznych czy sytuacji rodzinnej pacjenta.

Ograniczenia technologiczne w obszarze informatyki dają się przezwyciężyć w miarę rozwoju sztucznej inteligencji. Jednak kluczowe ograniczenia w tym obszarze badań i praktyki klinicznej mogą wciąż wynikać wciąż z niewiedzy i niewielkiej akceptacji tej grupy rozwiązań zarówno przez pacjentów i ich rodziny, jak i klinicystów.

##### 5.2. Kierunki dalszych badań

Podstawowym kierunkiem dalszych badań jest wypracowanie i zweryfikowanie procedury badawczej opartej na MCA dla oceny wypalenia zawodowego. Zweryfikowanie odpowiedniej metody wielokryterialnej pozwoli na precyzyjne ustalenie kwalifikacji pacjenta jako drugiej opinii. Koncepcja obiektywizacji wyników diagnostyki i terapii wypalenia zawodowego i stresu związanego z pracą łączy w sobie również szereg obecnych i przyszłościowych podejść projektowych i symulacyjnych. Dotyczy to zarówno:

- wpływu telemedycy i telerehabilitacji na dobrostan i samopoczucie pacjentów (również w warunkach pracy nasyconej robotami w ramach paradygmatu przemysłu 4.0) [11,12], czy bardziej zaawansowanymi rozwiązaniami: neuroprotezami i interfejsami mózg-komputer [13,14] czy rozwiązaniami drukowanymi 3D na miarę [15,16],
- informatyki afektywnej tj. rozpoznawania emocji przez urządzenia i reagowania nie nie zgodnie z zasadmi społecznymi [17,18],
- stosowania cyfrowych bliźniaków pacjenta, w tym w obszarze emocjonalnym [19],
- obiektywizacji wszystkich obszarów działalności klinicznej: od fizjoterapii [20] aż po modelowanie

funkcjonowania ośrodkowego układu nerwowego [21,22].

Samo podjęcie decyzji nie przesądza o sukcesie wybranego podejścia terapeutycznego. Rosnący nacisk na stosowanie sprawdzanych eksperymentalnie metod, technik i urządzeń diagnostycznych i terapeutycznych wymaga ich ciągłej weryfikacji przez zespoły specjalistów medycznych, w tym w warunkach laboratoryjnych i klinicznych, w ramach paradygmatu Medycyny Opartej na Faktach (ang. *evidence based medicine* - EBM).

## 6. Wnioski

Koncepcja wykorzystania MCA w analizie wyników wypalenia zawodowego wydaje się przydatna i efektywna. MCA działa w tym przypadku jako użyteczne narzędzie obliczeniowe. Może być skutecznie stosowane w obszarze wypalenia zawodowego i stresu związanego z pracą, gdzie metodologie oparte na pojedynczych kryteriach dają niepewne wyniki, są dyskusyjne lub mogą być uznane za nieskuteczne, gdyż istotne dla właściwej oceny i podjęcie decyzji czynniki (organizacyjne, społeczne, środowiskowe i inne) nie mogą być wyrażone w kategoriach wartości obiektywnych lub są wyrażane lingwistycznie. Stąd dalsze badania z wykorzystaniem logiki rozmytej mogą przynieść kolejny etap rozwoju proponowanej metody w kierunku podejścia całościowego.

## Literatura

1. Jaszczak A., Pochodyła E., Kristianova K., Małkowska N., Kazak J.K. Redefinition of Park Design Criteria as a Result of Analysis of Well-Being and Soundscape: The Case Study of the Kortowo Park (Poland). *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(6):2972.
2. Chi G, Ho HC. Population stress: A spatiotemporal analysis of population change and land development at the county level in the contiguous United States, 2001-2011. *Land use policy*. 2018;70:128-137.
3. Mikołajewski, D.; Prokopowicz, P. Effect of COVID-19 on Selected Characteristics of Life Satisfaction Reflected in a Fuzzy Model. *Appl. Sci*. 2022;12:7376.
4. Prokopowicz, P.; Mikołajewski, D. Fuzzy Approach to Computational Classification of Burnout—Preliminary Findings. *Appl. Sci*. 2022;12:3767.
5. Fabisiak L., Szczypiór-Piasecka K., Budziński, Ziętek P. Zastosowanie metody wielokryterialnej do analizy diagnostycznej pacjenta z chorobą zw yrodnieniową stawu biodrowego. *Studia Informatica Pomerania* 2016; 4(4):15-25.
6. Becker J., Budziński R. (2015). Transformation of knowledge sources in decision support system. *Journal of automation. Mobile Robotics & Intelligent Systems*, 2015; 9(2):28–36.
7. Lexer M., Vakić H. Multiple criteria decision making in natural resource management, *Lecture notes*. Wien: Universität für Bodenkultur 2007.
8. Kopacz T. Zespół przewlekłego zmęczenia jako problem terapeutyczny. *Sztuka Leczenia* 2014; 3-4:45-54.
9. Zielińska D., Szmit S. Zespół przewlekłego zmęczenia a zespół przetrenowania. *Kardiologia po Dyplomie* 2009; 8(11):64-74.
10. Lu, G., Wang, H., Mao, X. (2010). Using ELECTRE TRI Outranking Method to Evaluate Trustworthy Software. In: Xie, B., Branke, J., Sadjadi, S.M., Zhang, D., Zhou, X. (eds) *Autonomic and Trusted Computing. ATC 2010. Lecture Notes in Computer Science*, vol 6407. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-16576-4\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-642-16576-4_16)
11. Mikołajewska E., Mikołajewski D. Roboty rehabilitacyjne. *Rehabil. Prakt* 2010; 4:49-53.
12. Mikołajewska E., Mikołajewski D. Zastosowania automatyki i robotyki w wózkach dla niepełnosprawnych i egzozkieletach medycznych. *Pomiary Automatyka Robotyka* 2011; 15(5), 58-63.
13. Mikołajewska E., Mikołajewski D. Ethical considerations in the use of brain-computer interfaces. *Central European Journal of Medicine* 2013; 8(6):720-724.
14. Värbu K, Muhammad N, Muhammad Y. Past, Present, and Future of EEG-Based BCI Applications. *Sensors (Basel)*. 2022 Apr 26;22(9):3331.
15. Macko, M., Szczepański, Z., Mikołajewski, D., Mikołajewska, E., Listopadzki, S. The Method of Artificial Organs Fabrication Based on Reverse Engineering in Medicine. In: Rusiński, E., Pietrusiak, D. (eds) *Proceedings of the 13th International Scientific Conference RESRB 2016. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham 2017. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-50938-9\\_36](https://doi.org/10.1007/978-3-319-50938-9_36).
16. Rojek I, Mikołajewski D, Dostatni E, Macko M. AI-Optimized Technological Aspects of the Material Used in 3D Printing Processes for Selected Medical Applications. *Materials*. 2020; 13(23):5437.
17. Mikołajewska E., Mikołajewski D. Informatyka afektywna w zastosowaniach cywilnych i wojskowych. *Zeszyty Naukowe/Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Łądowych im. gen. T. Kościuszki* 2013; 2: 171-184.
18. Daher K., Saad D., Mugellini E., Lalanne D., Abou Khaled O. Empathic and Empathetic Systematic Review to Standardize the Development of Reliable and

- Sustainable Empathic Systems. *Sensors* 2022; 22(8):3046.
19. Rojek I., Mikołajewski D., Dostatni E. Digital twins in product lifecycle for sustainability in manufacturing and maintenance. *Applied Sciences* 2021; 11(1):31.
  20. E Mikołajewska Normalized gait parameters in NDT-Bobath post-stroke gait rehabilitation. *Open Medicine* 2012; 7(2):176-182.
  21. Kamiński W.A., Wójcik G.M. Liquid state machine built of Hodgkin-Huxley neurons-pattern recognition and informational entropy. *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, sectio AI-Informatica* 2015; 1(1):1-7.
  22. Wójcik G.M., Garcia-Lazaro J.A. Analysis of the neural hypercolumn in parallel pcsim simulations. *Procedia Computer Science*, 2010; 1(1):845-854.