

**Studia i Materiały
Informatyki Stosowanej**

Studia i Materiały Informatyki Stosowanej

Czasopismo młodych pracowników
naukowych, doktorantów i studentów

Tom 13, Nr 3, 2021

Bydgoszcz 2021

Studia i Materiały Informatyki Stosowanej
Czasopismo młodych pracowników naukowych, doktorantów
i studentów

© Copyright 2021 by Uniwersytet Kazimierza Wielkiego

Patronat naukowy:

Instytut Informatyki
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego
ul. Chodkiewicza 30
85-064 Bydgoszcz
tel. (052) 325 76 11
e-mail: simis@ukw.edu.pl

ISSN 1689-6300

Projekt okładki: Łukasz Zawadzki (StudioStrzelec.pl)
DTP: Dawid Ewald

Wydawca:

Instytut Informatyki
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego
Dyrektor:
dr hab. inż. Izabela Rojek, prof. uczelni
ul. Chodkiewicza 30
85-064 Bydgoszcz
tel. +48 52 325 76 11
email: izarojek@ukw.edu.pl

Kontakt:

dr inż. Jacek Czerniak, prof. uczelni
dr hab. inż. Marek Macko, prof. uczelni
Uniwersytet Kazimierza Wielkiego
ul. Chodkiewicza 30
85-064 Bydgoszcz
e-mail: jczerniak@ukw.edu.pl
mackomar@ukw.edu.pl

Druk (ze środków sponsora):
Oficyna Wydawnicza MW

Nakład 250 egz.

Bydgoszcz 2021

**Studies and Materials
in
Applied Computer
Science**

Journal of young researchers,
PhD students and students

Vol. 13, No.3, 2021

Bydgoszcz 2021

Studies and Materials in Applied Computer Science
Journal of young researchers, PhD students and students

© Copyright 2021 by Kazimierz Wielki University in Bydgoszcz

Scientific patronage:
Institute of Informatics
Kazimierz Wielki University
ul. Chodkiewicza 30
85-064 Bydgoszcz, Poland
tel. +48 52 325 76 11
e-mail: simis@ukw.edu.pl

ISSN 1689-6300

Cover designed by: Łukasz Zawadzki (StudioStrzelec.pl)
DTP by: Dawid Ewald

Publisher:

Institute of Informatics
Kazimierz Wielki University
Head:
Izabela Rojek, PhD DSc Eng Assoc. Prof.
ul. Chodkiewicza 30
85-064 Bydgoszcz, Poland
tel. + 48 52 325 76 11
e-mail: izarojek@ukw.edu.pl

Contact:

Jacek Czerniak, PhD. Eng. Assoc. Prof.
Marek Macko, PhD. DSc. Eng., Assoc Prof
Kazimierz Wielki University
ul. Chodkiewicza 30
85-064 Bydgoszcz, Poland
e-mail: jczerniak@ukw.edu.pl
mackomar@ukw.edu.pl

Printing (funded from non-profit programme):
Oficyna Wydawnicza MW

Edition of 250 copies

Bydgoszcz 2021

Studia i Materiały Informatyki Stosowanej

czasopismo młodych pracowników naukowych, doktorantów i studentów

patronat: Polskie Towarzystwo Informatyczne



Przewodniczący Rady Naukowej

prof. dr hab. inż. czł. rzec. PAN Janusz Aleksander Kacprzyk, IBS PAN

Redaktorzy Naczelni

dr inż. Jacek Czerniak, UKW
dr hab. inż. Marek Macko, prof. nadzw.

Redaktor Zarządzający

dr inż. Łukasz Apiecionek, UKW

Redaktor Statystyczny

dr Iwona Filipowicz, UKW

Komitet Redakcyjny

dr inż. Mariusz Dramski, AM
dr inż. Hubert Zarzycki, WWSIS
dr inż. Marcin Łukasiewicz, UTP
dr inż. Piotr Dziurzański, ZUT
dr inż. Tomasz Kałaczyński, UTP
dr hab. inż. Grzegorz Domek, prof. nadzw.
dr Piotr Prokopowicz, UKW

Redaktor Tematyczny (Informatyka)

prof. dr inż. Rafał A. Angryk, GSU

Redaktor Tematyczny (Mechatronika)

prof. dr.h.c.mult. Peter Kopacek, VUT

Redaktor Tematyczny (Metody numeryczne)

dr hab. Petro Filevych, LNUVB

Redaktor Językowy (j.polski)

dr Małgorzata Kempieńska, FRM

Redaktor Językowy (j.angielski)

Andrew Gill, Reed Elsevier, UK

Rada Naukowa

dr hab. Stanisław	Ambroszkiewicz	Instytut Podstaw Informatyki PAN
prof. dr inż. Rafał A.	Angryk	Georgia State University, USA
dr hab. Zenon	Biniek	Wyższa Szkoła Technologii Informatycznych
prof. dr hab. inż. Ryszard	Budziński	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
dr inż. Joanna	Chimiak-Opoka	University of Innsbruck, Austria
prof. dr hab. inż. Ryszard	Choraś	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
dr hab. Petro	Filevych	Lviv National University of Veterinary and Biotechnologies, Ukraina
prof. dr hab. inż. Piotr	Gajewski	Wojskowa Akademia Techniczna
dr inż. Marek	Holyński	Prezes Polskiego Towarzystwa Informatycznego
prof. dr hab. inż. czł. rzec. PAN Janusz	Kacprzyk	Instytut Badań Systemowych PAN
dr hab. inż. Andrzej	Kobyliński	Szkoła Główna Handlowa
prof. dr.h.c.mult. Peter	Kopacek	Vienna University of Technology, Austria
prof. dr hab. inż. czł. koresp. PAN Józef	Korbicz	Uniwersytet Zielonogórski
prof. dr hab. inż. Jacek	Koronacki	Instytut Podstaw Informatyki PAN
prof. dr hab. inż. Marek	Kurzyński	Politechnika Wrocławska
prof. dr hab. inż. Halina	Kwaśnicka	Politechnika Wrocławska
prof. dr Miroslaw	Majewski	New York Institute of Technology, United Arab Emirates
dr inż. Dariusz	Mikolajewski	Uniwersytet Kazimierza Wielkiego
prof. dr hab. Andrzej	Marciniak	Politechnika Poznańska
dr hab. Marcin	Paprzycki	Instytut Badań Systemowych PAN
prof. dr hab. inż. czł. PAN Witold	Pedrycz	University of Alberta, Canada
prof. dr hab. inż. Andrzej	Piegat	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
prof. dr hab. inż. Andrzej	Polański	Politechnika Śląska
prof. dr hab. inż. Orest	Popov	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
prof. dr inż. George	Przybył Einstein	College of Medicine, USAT Montserrat
dr hab. inż. prof. nadzw. Izabela	Rojek	Uniwersytet Kazimierza Wielkiego
prof. dr hab. inż. Danuta	Rutkowska	Politechnika Częstochowska
prof. dr hab. inż. czł. koresp. PAN Leszek	Rutkowski	Politechnika Częstochowska
prof. dr hab. inż. Milan	Sága	Žilinská Univerzita, Słowacja
prof. dr hab. inż. czł. rzec. PAN Roman	Słowiński	Instytut Badań Systemowych PAN, Politechnika Poznańska
prof. dr hab. inż. Włodzimierz	Sosnowski	Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, IPPT PAN
prof. dr hab. inż. Andrzej	Stateczny	Akademia Morska w Szczecinie
dr hab. inż. Jan	Studziński	Instytut Badań Systemowych PAN
prof. dr hab. Tomasz	Szapiro	Szkoła Główna Handlowa
dr hab. Janusz	Szczepański	Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, IPPT PAN
prof. dr hab. inż. czł. rzec. PAN Ryszard	Tadeusiewicz	Akademia Górniczo-Hutnicza
prof. zw. dr hab. inż. czł. rzec. PAN Jan	Węglarz	Instytut Chemii Bioorganicznej PAN, Politechnika Poznańska
prof. dr hab. inż. Sławomir	Wierchoń	Instytut Podstaw Informatyki PAN
prof. dr hab. inż. Antoni	Wiliński	Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
dr hab. inż. Andrzej	Wiśniewski	Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach
dr hab. inż. Ryszard	Wojtyna	Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy
prof. dr hab. Sławomir	Zadrożny	Instytut Badań Systemowych PAN
prof. dr. inż. Milan	Žmindák	Žilinská Univerzita, Słowacja
prof. dr hab. Zenon	Zwierzewicz	Akademia Morska w Szczecinie

SPIS TREŚCI

Od Redakcji	4
System zdalnego monitorowania wilgotności gleby z wykorzystaniem technologii LoRa Katarzyna Kazimierska-Drobny, Piotr Kotlarz, Artur Szelaż	5
Związane z pracą niekorzystne zmiany zdrowotne w grupie zawodowej informatyków – narracyjny przegląd literatury Dariusz Mikołajewski, Jolanta Masiak, Emilia Mikołajewska, Grzegorz M. Wójcik, Jakub Kopowski	13
Objawy wypalenia zawodowego jako podstawa modelu obliczeniowego Dariusz Mikołajewski, Jolanta Masiak, Emilia Mikołajewska, Grzegorz M. Wójcik	22
Modelowanie obliczeniowe występowania objawów wypalenia zawodowego u informatyków i fizjoterapeutów- wyniki wstępne Dariusz Mikołajewski, Jolanta Masiak, Emilia Mikołajewska, Grzegorz M. Wójcik	29

OD REDAKCJI

Szanowni Czytelnicy,

Na progu Nowego Roku dzielimy się z Państwem od dawna oczekiwaną nowiną: SiMIS wszedł na listę B czasopism punktowanych MNiSW w roku 2013, znajduje się na pozycji 2126 z przyznaną liczbą 3 punktów. Dziękujemy Przewodniczącemu Rady Naukowej prof. dr. hab. inż. Januszowi Kacprzykowi Członkowi Rzeczywistemu PAN jak również wszystkim szacownym członkom Rady Naukowej za wsparcie i życzliwość. Liczymy, że ten sukces jest początkiem drogi jaką powinno pójść nasze czasopismo wzmacniając swoje znaczenie i zasięg oddziaływania.

Dziękujemy Sponsorom, za możliwość bezpłatnego dla Autorów drukowania w SiMIS. Szczególne podziękowania składamy Zarządowi oraz wolontariuszom Fundacji Rozwoju Mechatroniki, która od lat prowadzi projekt pod nazwą Fundusz wydawniczy SiMIS pozwalający nam na egzystowanie. Zapraszamy też PT Sponsorów którzy chcieliby wesprzeć nasze wspólne czasopismo.

Na początku Nowego Roku 2013 życzymy wszystkim Autorom, Czytelnikom oraz środowiskom akademickim z których Państwo pochodzą wielu innowacyjnych projektów i skutecznych realizacji.

Redaktorzy Naczelnicy SiMIS,
dr inż. Jacek Czerniak,
dr hab. inż. Marek Macko, prof. nadzw.

OD REDAKCJI

Szanowni Czytelnicy,

Trzeci tegoroczny numer staje w obliczu prac nad ewaluacją jako oceną jakości działalności naukowej, kolejną już zmianą kierującą życie Społeczności Akademickiej oraz aktywność badaczy na nowe tory. Kolejny numer naszego czasopisma poświęcony jest zatem szerokiemu spektrum zagadnień z obszaru nieodległej przyszłości informatyki: od badania mechanizmów Internetu Rzeczy w codziennym życiu aż po próby oceny stanu zdrowia naszej grupy zawodowej z wykorzystaniem metod i technik inteligencji obliczeniowej. Nie uciekamy zatem w naszych publikacjach od tematów badawczych związanych bezpośrednio z tym, co nas cieszy i martwi na co dzień. Mamy nadzieję, że niniejszy numer naszego czasopisma przyniesie Czytelnikom wiele ciekawych przemyśleń, jak również zainspiruje ich do dalszych badań.

Redaktorzy Naczelni SiMIS,
dr inż. Jacek Czerniak,
dr hab. inż. Marek Macko, prof. nadzw.

SYSTEM ZDALNEGO MONITOROWANIA WILGOTNOŚCI GLEBY Z WYKORZYSTANIEM TECHNOLOGII LORA

Katarzyna Kazimierska-Drobny¹, Piotr Kotlarz², Artur Szela³

¹ Wydział Mechatroniki Uniwersytetu Kazimierza Wielkiego

² Instytut Informatyki Kazimierza Wielkiego
ul. Kopernika 1, 85-074 Bydgoszcz

³ Student Instytutu Informatyki Kazimierza Wielkiego
ul. Kopernika 1, 85-074 Bydgoszcz
e-mail:kkd@ukw.edu.pl

Streszczenie: *Celem niniejszego artykułu jest projekt oraz budowa prototypu czujnika wilgotności gleby przeznaczonego do zastosowania w otwartym terenie. Wykonany czujnik pozwala na monitorowanie zmian wilgotności gleby na czterech głębokościach odpowiednio: 5, 10, 15 oraz 20 cm. Projektowany układ wykorzystuje technologie lora do uzyskania połączenia z siecią LoraWAN oraz dostępne integracje do stworzenia panelu służącego do podglądu danych. Poprawne działanie czujnika potwierdzają przeprowadzone testy pozwalające określić czas pracy urządzenia na jednym naładowaniu akumulatora oraz zdolność do przetwarzania energii za pośrednictwem ogniwa fotowoltaicznego.*

Słowa kluczowe: *IoT, LoraWAN, pomiary środowiskowe, programowanie*

Remote soil moisture monitoring system using LORA technology

Abstrakt: *The aim of this article is to design and build a soil moisture sensor prototype for use in open fields. The made sensor allows to monitor changes in soil moisture at four depths, respectively: 5, 10, 15 and 20 cm. The sensor uses lora technologies to connect to the LoraWAN network and the available integrations to create a panel for data viewing. The correct operation of the sensor is confirmed by the tests that have been carried out to determine the operating time of the device on a single battery charge and the ability to convert energy via a photovoltaic cell*

Keywords: *IoT, LoraWAN, environmental measurements, programming*

1. WSTĘP

Jednym z istotnych zagadnień w rolnictwie, sadownictwie i ogrodnictwie jest monitorowanie parametrów środowiskowych upraw [1-2,3]. Proces ten pozwala na lepsze zarządzanie zasobami oraz prowadzi do optymalizacji wydajności oraz jakości plonów [4-5]. Jednym z bardziej znaczących parametrów wpływającym na rozwój roślin jest wilgotność podłoża. Istnieje wiele rozwiązań komercyjnych do badania wilgotności gleby,

jednak najczęściej są to rozwiązania wymagające dużego nakładu finansowego oraz przystosowane do stosowania w obiektach z dostępem do energii elektrycznej typu szklarnie. Jednym z przykładów urządzenia do monitorowania wilgotności gleby jest czujnik LB-797 przeznaczony do pomiaru wilgotności gleby oraz innych materiałów sypkich [6]. Rozwiązanie to nie dysponuje możliwością odczytywania zdalnych danych. Możliwe jest rejestrowanie pomiarów w urządzeniu a następnie odczyt ich za pomocą dedykowanego oprogramowania producenta. Kolejnym urządzeniem dostępnym na rynku jest Urządzenie Drill&Drop Bluetooth firmy Sentek pozwalające na

przewodzenie bezprzewodowych pomiarów z wykorzystaniem technologii Bluetooth [7]. Urządzenie umożliwia przesyłanie pomiarów do zewnętrznego serwera aplikacji, z którym wymagane jest połączenie sieciowe. W aplikacji zapisywane są również lokalnie wyniki pomiarów, dzięki czemu możliwe jest korzystanie z aplikacji bez połączenia z siecią. Przesłanie danych następuje po zalogowaniu do sieci wifi. PM-IO-5-SM LoRaWAN IO Module jest to moduł działający w oparciu o sieć LoRaWAN oraz w oparciu o zestaw dobranych czujników [8]. Producent pozwala na podłączenie do urządzenia czujnika wilgotności gleby jak i temperatury zarówno w wersji hermetycznej jak i pozbawionej obudowy. Pozwala to na dopasowanie osprzętu modułu do jego zastosowania. Moduł komunikuje się z wykorzystaniem sieci Lora, dzięki czemu pozwala na komunikację z bramą na dużej odległości. Producent umożliwia również zastosowanie modułu komunikacyjnego z interfejsem szeregowy w standardzie RS-232c. Urządzenie umożliwia pomiar z wykorzystaniem jednej sondy. Moduł działa wyłącznie w oparciu o zasilanie akumulatora umieszczonego wewnątrz hermetycznej obudowy. Z przeglądu dostępnych rozwiązań na rynku wynika, iż urządzenia te spełniają różnego rodzaju funkcje, jednak żadne z przedstawionych rozwiązań nie oferuje pełnego rozwiązania stawianego problemu. Jeśli istnieje możliwość komunikacji na dużą odległość jest ona ograniczona do jednego punktu pomiarowego jak w przypadku rozwiązania ręcznego. Rozwiązanie wykorzystujące technologię Bluetooth jest znacząco ograniczone, jeśli chodzi o zasięg jakim dysponuje.

Głównym celem niniejszego artykułu jest budowa prototypu urządzenia przeznaczonego do pomiaru wilgotności gleby pozwalającego na zastosowanie w otwartej przestrzeni, gdzie jest utrudniony dostęp do elektryczności oraz połączenia sieciowego. Zaprojektowane urządzenie ma za zadanie badanie wilgotności gleby na różnych głębokościach, max do 20 cm w głąb oraz zapewnienie łączności z czujnikiem pomiarowym w celu akwizycji danych za pośrednictwem serwera. Urządzenie pomiarowe może pracować na zasilaniu akumulatorowym oraz ma zdolność pozyskiwania energii z ognia fotowoltaicznego, co pozwala na bezobsługową pracę zaprojektowanego czujnika. Tak zaprojektowany czujnik wilgotności gleby umożliwia określenie zmian zachodzących w czasie, podczas nawadniania gleby. Pozwala na pomiar zdalny bez dostępu do stałego źródła zasilania. Najważniejszą zaletą projektowanego czujnika jest zapewnienie komunikacji w celu przesyłania danych na duże odległości poprzez wykorzystanie technologii

bezprzewodowej Lora. Głównym miejscem przeznaczenia urządzenia jest naturalne środowisko glebowe. Czujnik będzie narażony na działanie warunków atmosferycznych takich jak wahania temperatury oraz opady atmosferyczne. Ponadto czujnik powinien zostać przystosowany do pracy ciągłej, pozwalającej na prowadzenie pomiarów przez możliwie najdłuższy czas bez konieczności obsługi serwisowej.

2. OMÓWIENIE WYKORZYSTANYCH TECHNOLOGII

LoRaWAN - jest to protokół (system komunikacji bezprzewodowej) sieci małej mocy i dalekiego zasięgu, wykorzystujący do komunikacji moduły radiowe pracujące w pasmach ISM (ang. Industrial, Scientific, Medical) [9]. Pierwotnie LoRaWAN miała być przeznaczona do zastosowań medycznych, naukowych a także przemysłowych. Pasma te nie wymagają uzyskania licencji na korzystanie z danej częstotliwości. W pasmach ISM możemy spotkać takie technologie jak Wi-Fi, Bluetooth wykorzystywane są również do sterowania radiowego bramami garażowymi. Nielicencjonowanie zakresów pasma niesie za sobą konieczność zmagania się z wszelkimi zakłóceniami które powstają poprzez inne urządzenia oraz ograniczeniem transmisji w danym paśmie do 1% zajętości pasma dziennie. Pasmem wykorzystywanym przez komunikację lora jest częstotliwość 868 MHz [10]. Lora pozwala przesyłać dane na duże odległości rzędu kilkunastu kilometrów, jednocześnie cechując się niskim poborem energii. Dzięki zastosowaniu modulacji rozproszonego widma CSS (chirpspread spectrum) możliwe jest utrzymanie wysokiej odporności na interferencje występujące przy transmisji na duże odległości oraz utrzymanie niskiego kosztu energetycznego. Jednak dzieje się to kosztem szybkości transmisji, im większa odległość tym możliwe jest przesłanie mniejszej ilości danych. Technologia Lora okazała się dużym postępem dla urządzeń IoT (Internetu rzeczy), również w implementacjach przemysłowych [15, 16]. Dzięki swoim właściwościom pozwala na budowę urządzeń zasilanych bateryjnie lub w skrajnych wypadkach działających z wykorzystaniem energii wygenerowanej przez wykorzystanie zjawiska piezoelektrycznego. Aby w pełni wykorzystać możliwości technologii firma Semtech wprowadziła LoRaWAN sieć, która pozwala na wykorzystanie technologii lora do komunikacji przy użyciu topologii gwiazdy. Sieć oparta jest o serwer The things of Network, do którego podłączone są urządzenia nazywane bramami. W celu zapewnienia komunikacji dla czujnika najbardziej optymalnym

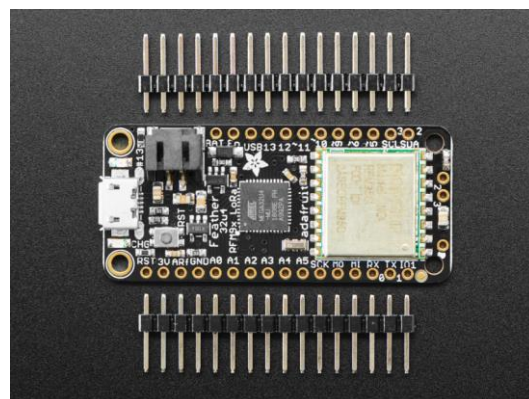
rozwiązaniem będzie skorzystanie z transmisji Lora. Pozwoli to na zachowanie dużych odległości przesyłu danych przy zachowaniu niskiego kosztu energetycznego. Ponadto, w tego typu rozwiązaniu nie ma konieczności raportowania zmiany wilgotności w czasie rzeczywistym ze względu na rozłożenie w czasie procesów wnikania czy parowania wody. Jedną z większych wad wyboru jest konieczność skorzystania z bramy dostępowej, aby przesyłać dane. Jednak przy założeniu wykorzystania większej ilości czujników koszt bramy jest również niewielki w porównaniu do możliwości lokalizacji czujników w promieniu do 12 kilometrów. Dodatkowym atutem jest możliwość korzystania z publicznych bram instalowanych przez organizacje bądź użytkowników wspierających działanie sieci.

The Things Network (TTN) jest to witryna zrzeszająca społeczność budującą sieć LoraWAN dzięki której powstały rozwiązania open-source tworzące serwer, który pozwala na zarządzanie urządzeniami nadawczymi i odbierającymi, pozwalając tym samym na standaryzację komunikacji. Platforma czuwa również nad zabezpieczeniem komunikacji, która odbywa się między urządzeniami. Możliwość korzystania z platformy umożliwia założenie darmowego konta, które następnie pozwala na łatwe utworzenie kluczy szyfrujących, które są wykorzystywane do komunikacji. Dodatkową zaletą jest panel integracji, dzięki któremu można w łatwy sposób przekierować dane odbierane od naszego urządzenia na zewnętrzny serwer z wykorzystaniem integracji konta z dostawcami różnego rodzaju zewnętrznych rozwiązań lub rozwiązań tworzonych samodzielnie poprzez wykorzystanie mechanizmu MQTT lub zapytań języka php.

3. DOBÓR ELEMENTÓW SKŁADOWYCH URZĄDZENIE DO POMIARÓW WILGOTNOŚCI GLEBY

Do budowy prototypu urządzenia wykorzystano:

- *Adafruit Feather 32u4 RFM95 LoRa Radio- 868Mhz*: Feather 32u4 jest to jedna z nowszych konstrukcji stworzonych przez Adafruit w odpowiedzi na zapotrzebowanie na moduły wyposażone w moduł radiowy lora RFM95 przedstawiony na rys. 1.



Rys. 1. Adafruit Feather 32u4

Moduł poza wyposażeniem w moduł radiowy Lora został również wyposażony w złącze do baterii LiPo wraz z układem jej ładowania oraz 8 bitowy mikroprocesor ATmega32u4, którego taktowanie wynosi 8 Mhz. Moduł dodatkowo wyposażony jest w 32 KB pamięci Flash, 2.5 KB pamięci operacyjnej. Układ wyposażony jest również w kontroler hosta USB 2.0, co umożliwi pominięcie stosowania zewnętrznego programatora. Dodatkowo w procesie produkcji zadbano o wgranie bootloadera zgodnego z Arduino IDE. Mikroprocesor działa wykorzystując logikę 3.3v, jednak możliwe jest zasilanie płytki również 5v dzięki wbudowanym stabilizatorom. Płyta dysponuje 20 GPIO w tym 10 wejść analogowych oraz 7 pinów PWM. Dodatkowo płytka została wyposażona w interfejsy sprzętowe, takie jak port szeregowy, magistrała I2C oraz SPI. Feather 32u4 został wybrany do stworzenia urządzenia ze względu na integrację mikrokontrolera wraz z modułem lora oraz stabilizatorem napięcia wejściowego umożliwiającemu pracę na akumulatorze.

- *Sonda do pomiaru wilgotności gleby - Iduino ME110*: Sonda umożliwia analogowy pomiar wilgotności gleby. Przystosowana jest do pracy z napięciem od 3.3 V do 5 V. Pomiar dokonywany jest poprzez odczyt napięcia powracającego na złącze analogowe. Im jest ono większe tym większa jest wilgotność mierzonej próbki.
- *czujnik temperatury, ciśnienia oraz wilgotności BME280 firmy BOSCH*: Czujnik jest zasilany napięciem 3.3 V a do komunikacji wykorzystuje magistralę I2C. Jego dokładność oscyluje w okolicy 1 stopnia Celsjusza przy zakresie pomiarowym od -40 do 85°C. Zakres tolerancji dla pomiaru ciśnienia to 1 hPa dysponując zakresem od 300 hPa do 1100 hPa. Wilgotność względna natomiast jest określana z 3% RH. Dodatkowo czujnik posiada dedykowaną bibliotekę przeznaczoną dla Arduino IDE, co zdecydowanie ułatwia

jego implementacje. Dokładność czujnika, jego szerokie zastosowanie w projektach zarówno amatorskich jak i komercyjnych były podstawą do wykorzystania przy projekcie urządzenia pomiarowego.

- *Ogniwo fotowoltaiczne*: Do zasilenia układu w prąd wykorzystano ogniwo słoneczne z polikrystalicznego krzemu o średnicy 80 mm, które według deklaracji producenta wytwarza do 6 V 150 mA .

- *Akumulator litowo-jonowy 18650*: Zastosowanie akumulatora pojemności 2600 mAh pozwala na zapewnienie pracy układu w przypadku braku dostępu do słońca i stanowi swego rodzaju bufor energetyczny. Napięcie pracy akumulatora wynosi 3.63 V. Prąd ładowania akumulatora wynosi 4.2 V, natomiast minimalne napięcie pracy wynosi 2.75V. Temperatura, w której może pracować akumulator mieścić się w przedziale -20 do 60°C. Warto również zwrócić uwagę na powszechną dostępność zarówno nowych ogniw jak i możliwość łatwego pozyskania używanych ogniw. Są one stosowane do produkcji baterii laptopowych czy pojazdów elektrycznych typu hulajnogi lub rowery. Łatwość dostępu do ogniw oraz możliwość łatwego skalowania zarówno pojemność jak i napięcia wyjściowego pozwalają na dostosowanie go do wymagań stawianych przez urządzenie odbiorcze.

- *Zasilacz buforowy TP4056*: Zasilacz buforowy TP4056 pozwala na ładowanie akumulatora poprzez ogniwa Solarne oraz port USB, który jest wbudowany na płytce samego układu ładowania. Wyjściowe napięcie ładowania to 4.2 V. Układ pozwala na budowanie jednego ogniwa litowo-jonowego. Posiada również zabezpieczenie termiczne, pozwalające na przerwanie ładowania w przypadku nagłego wzrostu temperatury. Operacyjna temperatura układu to -40 do 80°C. Zasilacz posiada również możliwość zmiany prądu ładowania poprzez wymianę rezystora w zależności od oczekiwanego prądu ładowania. Fabrycznie ustawiony jest maksymalna jego wartość, która wynosi 1000 mA. Zastosowanie zewnętrznego ładowania nie było konieczne, ponieważ zastąpiono go przetwornicą step-down umieszczoną między ogniwem solarnym a płytką mikrokontrolera Feather 32u4. Umożliwia to wykorzystanie wbudowanego w układzie ładowania, jednak ogranicza to możliwość wymiany części urządzenia w której znajduje się akumulator. Dzięki dodaniu modułu możliwe jest ładowanie akumulatora dowolną ładowarką wyposażoną w gniazdo micro USB.

- *Elementy obudowy*: Do wykonania budowy wykorzystano rurę PCV ze względu na łatwą dostępność oraz niski koszt. Jednocześnie takie rozwiązanie spełnia wymogi dotyczące hermetyczności układu. Dodatkowo niektóre części zostały wykonane przy użyciu technologii druku 3D korzystając

z materiału PLA. Wydrukowane zostały osłony sąd oraz kosze pozwalający na montaż ogniwa akumulatora.

Do zbudowania w pełni działającego urządzenia wykorzystano dodatkowo elementy jak np. płytka prototypowa pozwalająca na montaż płytki z mikrokontrolerem za pośrednictwem goldpinów. W celu zapewnienia ochrony przed wilgocią płytki czujnika zostały pokryte dodatkową warstwą solder - maski utwardzanej za pomocą światła UV. W celu zapewnienia możliwości wymiany elementu zawierającego czujniki, zastosowano połączenie z wykorzystaniem gniazda RS 232.

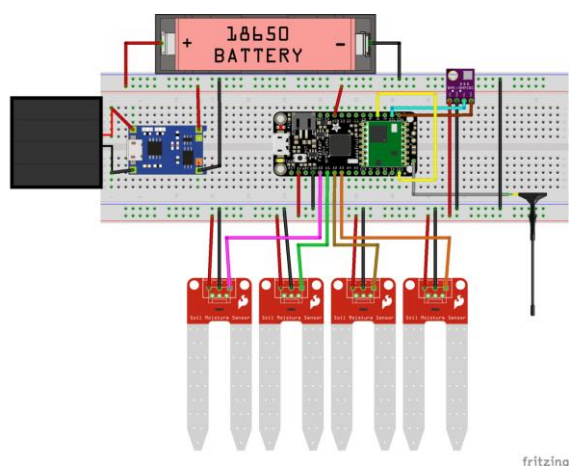
Po przygotowaniu wszystkich czujników, zostały one zamontowane w rurze co 10 cm.-Do zakończeń czujników został zamontowany wtyk rs232 pozwalający na połączenie części zawierającej czujniki z centralną częścią, w której znajduje się mikrokontroler. Pozwoli to na łatwą wymianę czujników w przypadku ich degradacji. Po drugiej stronie umieszczona została płytka z mikrokontrolerem na płycie prototypowej, połączonej z gniazdem do podłączenia modułu zasilania. Ostatnim etapem było wykonanie górnej części, w której znalazło się ogniwo fotowoltaiczne wraz z modułem ładowania oraz akumulatorem. Prototyp czujnika w obudowie przedstawia rysunek 2



Rys. 2. Prototyp czujnika wilgotności gleby

4. DZIAŁANIE PROTOTYPU

Do utworzenia schematu podłączenia urządzenia wykorzystano program Frizing, który pozwala na graficzne rozmieszczenie elementów a następnie wykonanie połączeń. Schemat połączeń przedstawiony został na rysunku 3.



Rys. 3. Graficzne przedstawienie połączeń

Na schemacie przedstawiono połączenie ogniwa solarnego do wejścia układu ładowania. Takie rozwiązanie daje możliwość zasilania układu wykorzystując ogniwo solarne oraz gniazdo w standardzie MicroUSB. Wszystkie czujniki z jakich korzysta urządzenie zasilane są z linii 3,3V. Sądy pomiarowe podłączone są również do złącza analogowego dzięki czemu możliwe jest prowadzenie pomiaru.

Czujnik BME280 korzysta z magistrali sprzętowej I2C. Ważnym elementem, na który trzeba zwrócić uwagę jest połączenie pinu IO1 oraz pinu 6. Dzięki takiemu rozwiązaniu możliwa jest prawidłowa komunikacja z użyciem modułu lora. Do zapewnienia prawidłowej komunikacji konieczne jest również wyposażenie modułu w antenę, za którą może posłużyć dowolny 10 cm odcinek nie ekranowanego przewodu.

Biblioteki i oprogramowanie

Do przygotowania kodu oraz zaprogramowania mikrokontrolera zostało wykorzystane środowisko darmowe Arduino IDE, wyposażone w dodatkowe biblioteki do obsługi poszczególnych elementów, takich jak moduł lora czy czujnik BME280. Jest to bardzo uniwersalne środowisko pracy, służące wielu interdyscyplinarnym realizacją projektów sprzętowo-programistycznych czego przykładem są np. implementacje platform mobilnych [11,12]. Implementacja na bazie modułu z rodziny Arduino umożliwia łatwe przejście do implementacji na mikrokontroler 8-bitowy z rodziny AVR - ATmega8, który również jest wykorzystywany powszechnie w różnego rodzaju projektach studenckich i nie tylko, czego przykładem jest [13]. Do menadżera płytek konieczne było

dodanie zasobu zawierającego informacje dotyczące płytek adafruit. Pozwala to na poprawną adresację pinów na płytce mikrokontrolera. Dodatkowo dodano repozytorium w ustawieniach Arduino IDE.

The Things Network

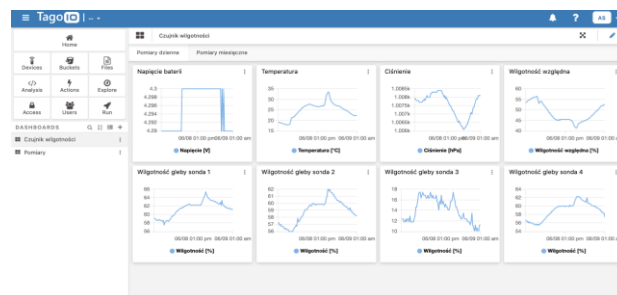
Aby połączyć się z serwerem LoraWAN należy skorzystać z serwera TTN. Niezbędne do tego będzie utworzenie darmowego konta na platformie TTN. Po utworzeniu konta ukazuje się możliwość wyboru dodania aplikacji lub bramy.

Integracja bibliotek

W celu uzyskania wcześniej zakładanych funkcjonalności wymagane jest włączenie pozostałych bibliotek do kodu aplikacji. Aby tego dokonać konieczne będzie dodanie kolejnych dwóch bibliotek takich jak Adafruit_BME280 oraz CayenneLPP. Pierwsza z nich odpowiada za obsługę czujnika temperatury oraz ciśnienia i wilgotności względnej, natomiast druga odpowiada za zachowanie standardu przesyłania danych do sieci TTN, gdzie dostępny jest również mechanizm dekodowania danych.

Integracja z tago.io

Do przechowywania pomiarów oraz ich podglądu posłuży platforma tago.io. Jest to serwis, który posiada integrację z siecią TTN oraz pozwala na bezpośrednie odbieranie danych z serwera TTN i ich przechowywanie. Jako jeden z minusów jest fakt, iż w wersji darmowej pomiary przechowywane mogą być przez miesiąc a następnie są nadpisywane. Strona posiada pełne zaplecze do tworzenia interfejsu ukazującego dane pobierane z czujnika. Mogą one być wyświetlane zarówno jako wartość w oknie tekstowym oraz za pomocą wykresów. Po dodaniu wszystkich czujników, możliwe jest wizualizacja wyników pomiarowych (rys. 4).



Rys. 4. Poglądowy panel pozwalający na odczyt wartości przesyłanych przez czujnik

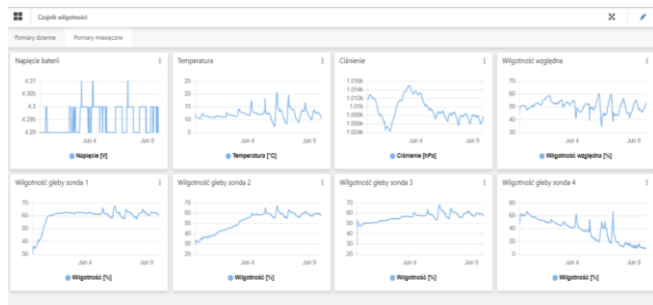
5. PROCEDURY TESTOWE

Weryfikowanie długości czasu działania urządzenia

W celu zweryfikowania długości czasu działania urządzenia konieczne jest określenie poboru prądu urządzenia. Aby tego dokonać został wykonany pomiar natężenia prądu pobieranego przez urządzenie pomiarowe. Średnia z pomiarów wynosi 15.77 mA. Biorąc pod uwagę akumulator o pojemności 2600 mAh, urządzenie jest w stanie pracować korzystając wyłącznie z jego zasilania przez około 164 godzin, co przekłada się na prawie 7 dni ciągłej pracy. Warto zwrócić uwagę, iż urządzenie pobiera najwięcej prądu w chwili, kiedy następuje transmisja danych, poza tymi momentami pobór prądu oscyluje na poziomie średniej.

Badanie poziomów wilgotności

Do przeprowadzenia badania czujnik został umieszczony wewnątrz donicy 10 l, wypełnionej podłożem uniwersalnym do roślin. Następnie wiano około 0,5 l wody i pozostawiono urządzenie na 11 dni i zbierano dane. Donica została umieszczona na zewnątrz, przez co również narażona była na działanie warunków zewnętrznych. Wyniki pomiarów przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5 Wyniki pomiarów z doniczki dla 11 dni

Na wykresach przedstawiono wyniki napięcia baterii, temperatury, ciśnienia, wilgotności względnej, wilgotności gleby. Sonda 1 odpowiadająca czujnikowi wilgotności umieszczonemu na głębokości 5 cm, sonda 2 to czujnik umieszczony na głębokości 10 cm, sonda 3 znajduje się na głębokości 15 cm oraz sonda 4 położona jest na głębokości 20 cm.

6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Wykonane urządzenie jest konkurencyjną alternatywą dla drogich profesjonalnych systemów monitorowania wilgotności gruntu. Pozwala on na określenie przybliżonej wartości wilgotności gleby, która może być wystarczająca do zastosowań rolniczych.

W niniejszej pracy zaprojektowano i wykonano urządzenie zgodne z założeniami dotyczącymi komunikacji na duże odległości oraz pozwalające na pracę bez stałego dostępu do zasilania sieciowego. Jako metodę komunikacji bezprzewodowej wybrano Lore korzystając przy tym z serwera LoraWAN i platformy TTN. Przeprowadzone pomiary pozwoliły określić minimalny czas pracy urządzenia bez dostępu do światła słonecznego na około 7 dni. Wydłużenie czasu działania urządzenia zależy od dostępu do światła słonecznego. Zależne od zewnętrznych warunków, urządzenie jest w stanie prowadzić pomiary na 4 głębokościach 5, 10, 15, 20 cm. Pozwala to na dokładniejsze zbadanie różnych warstw podłoża. Przybliżony koszt wykonania czujnika można oszacować na około 200 zł, co stanowi ułamek ceny obecnie dostępnych na rynku urządzeń o podobnej funkcjonalności.

Aby rozwinąć możliwości czujnika można by opracować różnego rodzaju sondy pozwalające na zmianę sposobu umieszczenia w glebie. Dzięki zastosowaniu złącza do montażu części, w której znajdują się czujniki nie jest konieczne wytworzenie urządzenia od początku, a jedynie można wymienić części zawierające czujniki. Kolejnym usprawnieniem dla projektu byłoby opracowanie własnej bramy pozwalającej na komunikację z serwerem TTN, co wpłynęłoby na obniżenie kosztów wdrożenia czujnika na tereny nie objęte zasięgiem sieci lora. Możliwe jest utworzenie bramki jednokanałowej w oparciu o mikrokontroler raspberry pi. Tego typu bramka nie jest widoczna dla społeczności sieci TTN, ale pozwala na wykorzystanie prywatne. Koszty stanowią ułamek ceny dedykowanej bramy. W przyszłości konieczne byłoby przeprowadzenie badań dotyczących stabilności działania czujnika przez długi okres czasu z uwzględnieniem czynników zewnętrznych czy odległości pozwalającej na komunikację. Jeżeli założyć by zastosowanie platformy opartej o raspberry pi, do implementacji rozwiązania opisanego w tej pracy, było by to również możliwe, choć implementacja z wykorzystaniem układu z rodziny Arduino wydaje się być bardziej uzasadniona. Samo raspberry pi jest również popularną platformą i umożliwiającą realizację projektów interdyscyplinarnych czego przykładem jest np. Programowana niania dla dziecka jako element Internetu Rzeczy [14].

Literatura

1. Allen R. G., Raes D., Smith M. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper, Journal of Hydrology 1998; 56:1-299.
2. Łabędzki L., Bąk B. Zależność między suszą meteorologiczną a rolniczą w uprawie buraka cukrowego w okresie wiosennym na glebach o różnej retencji użytecznej, Acta Agrophysica, 2008; 11(2):335-344.
3. Internetowa platforma wspomagania decyzji nawodnieniowych,
<http://www.nawadnianie.inhort.pl/slownik/S%C5%82o-wnik-1/W/Wilgotno%C5%9B%C4%87-gleby-10/> - data dostępu 15.12.2021 r.
4. Łabędzki L., Kowalczyk A., Kuźniar A., Kostuch M. Ocena niedoborów wody w uprawie kapusty głowiastej białej na wyżynie małopolskiej. Woda-Srodowisko- Obszary Wiejskie. 2016; 16:21-38.
5. Łabędzki L., Bąk B., Liszewska M. Wpływ przewidywanej zmiany klimatu na zapotrzebowanie ziemniaka późnego na wodę. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 2013; 2:155-165, Polska Akademia Nauk, Oddział w Krakowie.
6. Elektronika Laboratoryjna - Monitoring temperatury i wilgotności, <https://www.label.pl/po/rek797.html> - data dostępu 15.12.2021 r.
7. Drill & Drop Probe With Bluetooth Sentek,
<https://sentektechnologies.com/product-range/soil-data-probes/drill-drop-bluetooth/> - data dostępu 15.12.2021 r.
8. PM-IO-5-SMLoRaWAN Soil Moisture,
<https://tinovi.com/shop/lorawan-soil-moisture-temperature-air-temperature-humidity-12v-output-from-battery/> - data dostępu 15.12.2021 r.
9. Obwieszczenie Ministra Cyfryzacji z dnia 6 grudnia 2016 r. Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej Warszawa, z dnia 13 stycznia 2017 r. Poz. 96.
10. Seneviratne P. Beginning LoRa Radio Networks with Arduino: Build Long Range, Low Power Wireless IoT Networks. Apress, 2019:1484243579.
11. Chudziński D., Kotlarz P., Kempieński M. Programowalna platforma mobilna do nauki programowania. Studia i Materiały Informatyki Stosowanej, 2019; 11(2):5-10.
12. Bobyr M., Titov V., Belyaev A. Fuzzy system of distribution of braking forces on the engines of a mobile robot. MATEC Web Conf. Vol. 79, 2016, VII Scientific Conference with International Participation “Information-Measuring Equipment and Technologies” (IME&T 2016).
13. Szyszkowski P., Śmigielski G. Design of an obstructive sleep apnea monitoring. Studia i Materiały Informatyki Stosowanej, 2019; 11(2):12-16.
14. Kowalczyk M., Mikołajewski D., Łukowski J. Programmed baby-monitor as part of the Internet of Things. Studia i Materiały Informatyki Stosowanej, 2020; 12(2):16-22.
15. Liu Y., Akram Hassan K., Karlsson M., Pang Z., Gong S. A Data-Centric Internet of Things Framework Based on Azure Cloud. IEEE Access, 2019; 7:53839-53858, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2913224.
16. Todoli-Ferrandis D, Silvestre-Blanes J, Sempere-Payá V. Robust Downlink Mechanism for Industrial Internet of Things Using LoRaWAN Networks. Electronics. 2021; 10(17):2122.

ZWIĄZANE Z PRACĄ NIEKORZYSTNE ZMIANY ZDROWOTNE W GRUPIE ZAWODOWEJ INFORMATYKÓW – NARRACYJNY PRZEGLĄD LITERATURY

**Dariusz Mikołajewski^{*1,2}, Jolanta Masiak², Emilia Mikołajewska³, Grzegorz M. Wójcik⁴,
Jakub Kopowski¹**

² *Instytut Informatyki, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego
ul. Kopernika 1, 85-074 Bydgoszcz*

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

³ *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*

⁴ *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: *Medycyna pracy coraz częściej korzysta z nowoczesnych technologii i staje się coraz bardziej interdyscyplinarna. Może to być reakcją zarówno na rozwój nauk medycznych i innych nauk wspierających współczesną praktykę kliniczną, jak również nowe sposoby terapii ukierunkowane na współpracę w ramach zespołu interdyscyplinarnego, zorientowaną na pacjenta i spełniającą wymagania Medycyny Opartej na Faktach. Artykuł stanowi próbę oceny, w jakim stopniu wykorzystuje się możliwości w tym obszarze i wskazania czynników dających szansę na przełom.*

Słowa kluczowe: *nowoczesne technologie, interdyscyplinarność, rehabilitacja, fizjoterapia, specjalizacja.*

Work-related negative changes in health of IT specialists – narrative review of literature

Abstract: *Occupational medicine is increasingly using modern technology and becoming more interdisciplinary. This may be a response to both the development of medical and other sciences that support contemporary clinical practice as well as new therapeutic approaches that are oriented towards collaboration within an interdisciplinary team, are patient-centred and meet the requirements of Evidence-Based Medicine. This article attempts to assess the extent to which opportunities in this area are being exploited and to identify factors that offer opportunities for breakthrough.*

Keywords: *novel technologies, interdisciplinarity, rehabilitation, physical therapy, specialization.*

1. Wprowadzenie

Osiągnięcie satysfakcji zawodowej zależy od wymagań pracy, jej zasobów i zasobów osobistych

pracowników. Im większe wymagania pracy tym większe zapotrzebowanie na zasoby pracy oraz właściwy dobór indywidualnych cech pracowników. Patrząc na ww. kwestie od strony pracodawcy: przy dużych wymaganiach pracy

(nacisku na efektywność, szybkość realizacji zadań, minimalna liczba błędów, itd.) konieczne jest zmniejszenie liczby stresorów poprzez zapewnienie odpowiednich zasobów pracy (środowiska pracy) oraz zapewnienie umiejętności optymalnego skorzystania z nich przez pracowników (dobór i szkolenie pracowników) [1]. Nie ulega przy tym wątpliwości, że brak wsparcia, nadmierne ilościowe i jakościowe wymagania pracy oraz niska kontrola pracy przyczyniają się zarówno do wypalenia zawodowego, jak i dolegliwości układu mięśniowo-szkieletowego [2]. Z kolei wysoka satysfakcja z pracy wpływa pozytywnie na zdrowie pracujących i ich efektywność. Problem zapewnienia pracownikom optymalnej motywacji i warunków pracy przy jednoczesnym obniżeniu do minimum ryzyka wystąpienia związanych z pracą schorzeń mięśniowo-szkieletowych oraz wypalenia zawodowe jest powszechny oraz ma duże znaczenie międzynarodowe.

Liczbę informatyków na świecie szacuje się na 45 mln, w tym 15 mln wykonuje to zawodowo. W Polsce zaniżone szacunki mówią o ok. 100 tys. pracowników. Stanowią oni odpowiednio 0,6% i 0,2% ogółu światowej populacji. Jest to odsetek wyższy niż np. dla grupy zawodowej lekarzy, którzy stanowią 0,44% światowej populacji (0,75% populacji Polski). W zawodzie informatyka dominują mężczyźni - kobiet-informatyków jest jedynie 6%. Zawód informatyka dynamicznie się rozwija: coraz więcej stanowisk wymaga przygotowania informatycznego ze względu na narastające nasycenie wielu dziedzin metodami obliczeniowymi. Szacuje się, że już obecnie w UE brakuje 300 tys. informatyków, w tym na rynku polskim: 50 tys. Rozpowszechnienie zawodu informatyka, przerost zapotrzebowania nad podażą specjalistów na rynku i możliwościami szkolnictwa (średnio rocznie 13 tys. osób kończy studia informatyczne, przy czym ww. liczba spada, a część absolwentów wyjeżdża za granicę) oraz nienormowany czas pracy powodują, że coraz więcej informatyków pracuje u kilku pracodawców, w nadgodzinach. Przyczynia się to do zwiększonego zagrożenia schorzeniami wzroku, układu ruchu oraz możliwym narastaniem wypalenia zawodowego, wynikających z nadmiernego obciążenia pracą, braku odpoczynku, rutynowości czynności na stanowisku pracy oraz ograniczonych możliwości awansu lub zmiany pracy na lepszą bez utraty części dochodu. Powszechność ww. schorzeń zawodowych oznacza zwiększoną absencję oraz koniecznie rotacji pracowników w sytuacji ich ograniczonej podaży. Należy przy tym pamiętać, że wiodące firmy informatyczne walczą o najlepszych pracowników właśnie doskonałym środowiskiem pracy.

Dbłość o zdrowie informatyków leży zarówno w interesie pracodawców, jak i samych informatyków, a rozwój analiz i badań, a także opracowanie strategii przeciwdziałania skutkom stresu i wypalenia zawodowego u informatyków są uzasadnione społecznie i ekonomicznie.

W przypadku informatyków sytuacje stresujące w pracy są związane przede wszystkim z problemami w obszarze:

- organizacji: brak przepływu informacji na temat misji, wizji i celów organizacji oraz roli i miejsca w nich poszczególnych pracowników, niejasność celów i zadań, brak koordynacji, niewłaściwe gospodarowanie środowiskiem pracy, pracownikami i czasem,
- motywacji: utrudnienia w przepływie informacji w organizacji, odrzucanie nowych pomysłów, brak motywacji nawet przy bardzo dobrym wykonywaniu zadań,
- samodzielności i kreatywności pracowników: zbyt wysoko postawione cele, duża dynamika zmian, ograniczona liczebność komórek informatycznych w organizacjach, brak możliwości awansu, narzucanie składu osobowego,
- stosunków międzyludzkich: nieumiejętność współzycia ze współpracownikami, przełożonymi i podwładnymi,
- doskonalenia zawodowego: ograniczenie budżetu na szkolenia, brak wpływu wykształcenia i doświadczenia na zajmowane stanowisko.

W tym kontekście ważne jest dostrzeżenie paradoksu: działanie informatyków w organizacji jest widoczne i doceniane głównie wtedy, gdy sieci i systemy teleinformatyczne organizacji zawodzą. Gdy wszystko działa – ich obecność bywa niedostrzegana, pomimo wielkiego wysiłku wkładanego w prawidłowe funkcjonowanie organizacji.

W związku z dynamicznymi zmianami w obszarze technologii informatycznych jak również Społeczeństwa Informacyjnego sytuacja obecna powinna podlegać ciągłemu monitorowaniu. Wysokie zarobki, nienormowany czas pracy, coraz szybsze tempo życia oraz rosnące wymagania na konkurencyjnym rynku pracy sprzyjają nadmiernemu wykorzystaniu pracowników oraz zmniejszonej dbałości o zdrowie fizyczne i psychiczne. Jednak ww. zmiany u kreatywnych pracowników umysłowych, do których należą informatycy, mogą bardziej negatywnie wpływać na ich wydajność pracy, powodując dodatkowy stres, potęgujący jeszcze objawy dotychczasowych schorzeń. Ponadto subiektywne poczucie stresu może mieć niebezpośrednie przełożenie na

występowanie dolegliwości układu mięśniowo-szkieletowego poprzez nasilenie niekorzystnych nawyków żywieniowych, objawów niewłaściwej diety lub nadwagi.

Celem pracy jest ocena częstości występowania oraz czynników prognostycznych schorzeń mięśniowo-szkieletowych związanych z pracą oraz wypalenia zawodowego związanego z pracą w grupie zawodowej informatyków.

2. Metody przeglądu

Krytyczny przegląd literatury opublikowanej do końca 2016r. przeprowadzono z wykorzystaniem baz danych – PubMed, PEDro i Health Source: Nursing / Academic Edition. W przeglądzie wykorzystano następujące słowa kluczowe w języku polskim i angielskim – *IT specialist, informatician, programmer, burnout, musculoskeletal disease, programmer, psychosocial working conditions, work-related stress, demands, control* i pokrewne.

Przyjęte kryteria uwzględnienia i pominięcia publikacji w przeglądzie przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Kryteria uwzględnienia i pominięcia publikacji w przeglądzie literatury

Kryteria uwzględnienia	Kryteria pominięcia
Prace oryginalne i przeglądowe w czasopismach, materiałach konferencyjnych lub książkach	Opisy przypadków, artykuły redakcyjne, listy do redakcji itp.
Języki publikacji: angielski i polski	Język publikacji inny niż angielski i polski
Prace recenzowane	Prace nierecenzowane

Przegląd przyniósł następujące wyniki: *programmer + burnout*: 1 publikacja, a dla pozostałych kombinacji słów kluczowych: brak publikacji. W związku z powyższym rozszerzono liczbę przeglądanych baz danych do 10.

3. Wyniki przeglądu

Kryteria uwzględnienia przedstawione w tabeli 1. spełniły tylko 4 publikacje dotyczące badań przeprowadzonych w populacji obejmującej informatyków co potwierdza ważność podjętego tematu, gdyż do tej pory nie został on dostatecznie dobrze zbadany. Wyniki badań oceniających wpływ narażenia informatyków na stres związany z pracą i wypalenie zawodowe oraz urazy mięśniowo-szkieletowe zostały podsumowane w tabeli 2. Trzeba przy tym

zauważyć, że informatycy są często ujmowani jako personel administracyjny.

Tabela 2. Narażenia na stres i wypalenie zawodowe u informatyków – przegląd publikacji

Piśmiennictwo	Narażenia
Witkowski i Ślęzyk-Sobol 2012 [3]	Cynizm, brak satysfakcji z pracy. W administracji dodatkowo brak możliwości rozwoju oraz precyzyjnego i zrozumiałego delegowania zadań.
Witkowski i Ślęzyk-Sobol 2012 [4]	Jak wyżej. Ważnym, choć trudnym metodologicznie czynnikiem jest niska ocena osiągnięć osobistych.
Cieciura 2012 [5]	Tabela 3
Diagnoza społeczna 2015 [6]	Informatycy w grupie zawodów o najniższym stresie

Niniejszy przegląd badań pozwala przyjąć założenie, że specyfika pracy informatyków powoduje zwiększone ryzyko stresu i wypalenia zawodowego oraz w tej grupie zawodowej.

Skrajny (fikcyjny, ale prawdopodobny) przypadek problemów informatyka związanych z pracą, mogący doprowadzić do tzw. *office violence* został opisany przez Roche [7]. Brak jest szczegółowych danych w zakresie:

- częstości występowania wypalenia zawodowego, w tym w różnym stopniu,
- częstości występowania związanych z pracą schorzeń mięśniowo-szkieletowych,
- częstość zmiany stanowiska, organizacji, a nawet zawodu z ww. przyczyn,
- czynników ryzyka, związanych zarówno z indywidualnymi predyspozycjami pracowników (staż, wiek, wykształcenie, stanowisko, satysfakcja z pracy i życia rodzinnego), jak i organizacją pracy (za które odpowiedzialność ponosi pracodawca),
- wpływ nadmiernego obciążenia, zwiększonych wymagań i braków kadrowych,
- stosowanych strategii prewencji (od programów lojalnościowych po wewnętrzne awanse i rotacje na stanowiskach).

Trzeba przy tym pamiętać, że pracowników o dłuższym stażu, lepiej wykształconych i o największym doświadczeniu, łatwiej stracić na rzecz konkurencji, a najtrudniej jest ich szybko zastąpić, gdy bezzwłoczne przekwalifikowanie innych specjalistów nie jest możliwe. W warunkach rynku pracownika przekonywanie, że wysokość pensji to nie wszystko, jest oczywiste.

Uraz jest definiowany jak uszkodzenie tkanek ciała lub narządów człowieka wskutek działania czynnika

zewnątrznego [8], natomiast przeciążenie układu ruchu obejmuje zespół zjawisk, w których działanie mechaniczne przekracza wytrzymałość fizyczną lub wydolność czynnościową elementów statyczno-dynamicznych organizmu człowieka.

Dotychczasowe badania wskazują na znaczną liczbę schorzeń obserwowanych u informatyków (tabela 3).

Tabela 3. Schorzenia obserwowane w grupie informatyków [5]

Schorzenie	Przyczyny	Prewencja	
Schorzenia kręgosłupa*	Zmiany zwyrodnieniowe szyjnego odcinka kręgosłupa	Długotrwała praca przy komputerze, wymuszona nieprawidłowa pozycja przy komputerze, niewłaściwa ergonomia miejsca pracy	Częstsze przerwy podczas pracy, dostosowanie ergonomii miejsca pracy, prawidłowa pozycja przed komputerem
Schorzenia kończyn górnych*	Zespół cieśni nadgarstka	Długotrwała praca przy komputerze, nieprawidłowe ułożenie rąk podczas pracy	Dostosowanie ergonomii miejsca pracy, ergonomiczne klawiatury i myszy/trackballe, częstsze przerwy podczas pracy
	Przeciążenie kończyn górnych (aż po bark)		
Schorzenia oczu	Oslabienie wzroku	Długotrwała praca przy komputerze, zimne światło ekranu komputera (różne od oświetlenia naturalnego), nieprawidłowe oświetlenie miejsca pracy	Częstsze przerwy podczas pracy, właściwe oświetlenie miejsca pracy
	Zapalnie spojówek		
	Uszkodzenie organu wzroku		
Zaburzenia rytmu dobowego	Zaburzenia snu, zespół przewlekłego zmęczenia	Długotrwała praca przy komputerze, praca wg strefy czasowej klienta (przy outsourcingu), praca przy sztucznym oświetleniu, zimne światło ekranu komputera (różne od oświetlenia naturalnego)	Odpowiedni rytm pracy, częstsze przerwy podczas pracy, czas na regenerację organizmu

* schorzenia mięśniowo-szkieletowe

Warto zwrócić uwagę na fakt, że poprawa ergonomii miejsca pracy może kosztować mniej niż miesięczne

wynagrodzenie dobrego informatyka, a może przynieść zmniejszenie absencji w pracy – w całej populacji schorzenia mięśniowo-szkieletowe stanowią 2. najczęstszą przyczynę krótkotrwałej nieobecności w pracy, przy bardzo wysokim koszcie ich leczenia stanowiącym nawet do 40% kosztów leczenia wszystkich schorzeń związanych z pracą [9]. Identyfikacja czynników ryzyka oraz określenie częstości występowania schorzeń związanych z pracą jest punktem wyjścia do strategii prewencji zagrożeń: planu działań mającego na celu zapobieganie szkodliwym sytuacjom i zdarzeniom związanym z pracą informatyków.

Strategie prewencji urazów u informatyków nie są proste: najczęściej stosowane rozwiązania, takie jak zmiana pracy, nie są oczywiste ani dla pracownika, ani dla pracodawcy. Szczególnie bolesne mogą być bezpowrotne odejścia z zawodu lub wyjazdy za granicę w poszukiwaniu wyższej kultury pracy. Na niedostatek informatyków cierpią państwa znacznie bogatsze od Polski, posiadanie ww. specjalistów jest jednym z warunków szybkiego rozwoju gospodarki opartej na wiedzy, a na skokowy przyrost specjalistów nie ma co liczyć. Wykształcenie doświadczonego informatyka trwa wiele lat, a więc możliwe jest jedynie częściowe ilościowe, a nie jakościowe przeciwdziałanie skokowemu zmniejszaniu się liczby specjalistów. Ponadto coraz większym problemem staje się zróżnicowanie kompetencji w obrębie samej informatyki, przez co jeden specjalista nie jest w stanie zastąpić drugiego. Dokonuje się to nie tylko na stosunkowo prostym podziale na programistów, administratorów sieci, specjalistów od bezpieczeństwa i wdrożeniowców, ale wręcz na poziomie pojedynczych języków programowania (C#, Java, JavaScript, PHP, aplikacje mobilne, itd.). Należy to uwzględnić już na etapie dostosowywania propozycji strategii do specyfiki konkretnej organizacji czy obszaru działania. Samo właściwe merytoryczne i fizyczne przygotowanie informatyków do wykonywania zawodu w ramach profilaktyki pierwotnej już nie wystarcza. Źródłem wiedzy powinny być szczegółowe badania dotyczące czynników ryzyka schorzeń mięśniowo-szkieletowych oraz wypalenia zawodowego u informatyków pracujących w różnych środowiskach oraz oceny krótko- i długoterminowej efektywności stosowanych strategii prewencyjnych. Autorską strategię prewencji schorzeń związanych z pracą u informatyków przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Strategia prewencji urazów u informatyków – wariant (opracowanie własne) [10-12]

Element strategii	Działania
Profilaktyka pierwotna Zapobieganie urazom poprzez kontrolowanie czynników ryzyka	
Cel e	- zmniejszenie liczby urazów związanych z pracą - upowszechnianie dobrych praktyk - kształtowanie nawyków bezpiecznej pracy - ograniczenie zagrożeń
Adresaci	- studenci – w ramach studiów od najmłodszych roczników - pracownicy firm, również jako podwykonawcy - grupy pracowników i zadań „wysokiego ryzyka” - firmy
Formy i metody działania	Oddzielnie dla każdej z ww. grup należy określić formy i metody działań (na podstawie dotychczasowych badań i doświadczeń)
Pobudzenie adresatów do aktywności	Programy przyznające najlepszym pracodawcom np. dyplomy, premiiowanie najlepszych poprzez. budowanie pozytywnego wizerunku w mediach
Okresowe podsumowanie, wyciąganie wniosków, wprowadzanie korekt i kontynuacja przedsięwzięć	- okresowe audyty - ocena i weryfikacja zastosowanych procedur naprawczych - analiza kosztów - weryfikacja oceny ryzyka - identyfikacja nowych czynników ryzyka - zmiana priorytetów i wyznaczenie nowych zadań (w miarę potrzeb) - działania korygujące
Profilaktyka wtórna Zapobiegania konsekwencjom urazów poprzez ich wczesne wykrywanie i leczenie	
Cel e	- zmniejszenie absencji i rotacji pracowników - obniżenie kosztów długotrwałego leczenia - umożliwienie powrotu do pracy (w tym na inne stanowisko) - poprawa wizerunku organizacji
Adresaci	– pracownicy firm, również jako podwykonawcy – grupy pracowników i zadań „wysokiego ryzyka” – firmy
Formy i metody działania	- model trzyobszarowy: szybkie reagowanie, rehabilitacja, monitorowanie skutków - adaptacja istniejących strategii - rozwój metod obserwacji, rejestracji i analizy obciążenia pracą - weryfikacja/modyfikacja norm obciążenia pracą
Okresowe podsumowanie, wyciąganie wniosków, wprowadzanie korekt i kontynuacja przedsięwzięć	- okresowe audyty - ocena i weryfikacja zastosowanych procedur naprawczych - analiza kosztów - weryfikacja oceny ryzyka - identyfikacja nowych czynników ryzyka - zmiana priorytetów i wyznaczenie nowych zadań (w miarę potrzeb) - działania korygujące

W niniejszym artykule podsumowano stan aktualnej wiedzy na temat schorzeń związanych z pracą u informatyków. Pomimo niewielkiej liczby badań słuszne może być założenie, że specyfika pracy informatyków powoduje zwiększone ryzyko schorzeń mięśniowo-szkieletowych, a także zespołu przewlekłego zmęczenia i wynikających z niego stresu i wypalenia zawodowego. Wydaje się, że obecne wyniki badań wymagają weryfikacji - według "Diagnozy społecznej 2015" informatycy należą do najmniej zestresowanych grup zawodowych obok lekarzy, fryzjerów i kosmetyczek [6]. W tym samym badaniu za najbardziej zestresowanych wskazano: przedstawicieli władz i dyrektorów, pomocników budowlanych oraz agentów handlowych. Jako stresory wskazano dzieci na utrzymaniu, pracę najemną oraz bycie przedsiębiorcą, zaś jako czynniki osłabiające stres wskazano wyższy dochód, lepsze warunki mieszkaniowe, mieszkanie na wsi oraz bycie emerytem.

Niedoskonałości dotychczasowych badań wynikają z heterogenicznej metodologii utrudniającej porównanie ich wyników. Istnieje potrzeba ustanowienia standardu w ww. obszarze. Pozwoli to nie tylko porównać obciążenie informatyków pracą w krajach rozwiniętych i rozwijających się, ale również wskazać czynniki prognostyczne rozwoju schorzeń mięśniowo-szkieletowych i wypalenia zawodowego, ocenić średnio- i długoterminowe skutki ww. schorzeń oraz opracować efektywne strategie zapobiegania, w tym wyrabiania właściwych nawyków na poziomie edukacji zawodowej. Ograniczenia badań wynikają również ze sposobu doboru próby (*convenience sample*), ponadto ograniczenie stanowią różnice pomiędzy krajowymi i zagranicznym rynkiem pracy. Dodatkowym zagrożeniem dla rzetelności dotychczasowych badań jest lekceważenie i ukrywanie przez część informatyków urazów związanych z pracą i ich następstw zdrowotnych. Autorzy planują większe badanie na reprezentacyjnej próbie losowej, w tym we współpracy zagranicznej. Należy w tym miejscu jednak pamiętać o wpływie takich czynników jak lokalna specyfika rynku pracy, opieki zdrowotnej, a także odmienna kultura pracy, mogące wpływać na wyniki badania. Nie spowoduje to oczywiście ich nieważności, ale utrudni porównanie oraz być może uniemożliwi przeniesienie niektórych korzystnych rozwiązań bezpośrednio, bez adaptacji kulturowej. Do ww. problemów należy m.in. oparcie znacznej części rynku informatycznego na samozatrudnionych specjalistach (często w ramach *outsourcingu*, czy nawet polityki *offshore*), trudnych

w jednoznacznej ocenie nawet w obrębie tej samej metodologii. W grupie zawodowej informatyków dodatkowymi czynnikami wzmagającymi stres zawodowy mogą być:

- młody wiek,
- krótki staż pracy,
- przewaga doświadczenia nad wykształceniem formalnym - informatycy zaczynają pracować już na drugim roku studiów, w związku z czym często ich nie kończą lub przechodzą na studia zaoczne,
- konieczność łączenia więcej niż jednego etatu,
- praca na samozatrudnieniu,
- konieczność ciągłego doksztalcania się oraz odnawiania certyfikatów,
- poczucie niedoceny (u informatyków pracujących w instytucjach rządowych i samorządowych oraz placówkach medycznych),
- wysokie aspiracje i chęć osiągnięcia sukcesu, co nie zawsze jest możliwe, szczególnie w warunkach korporacyjnych, gdzie przełożonym informatyków może być osoba nie znająca specyfiki tego zawodu, a nastawiona na szybkie i spektakularne wyniki.

Wbrew pozorom czynnikiem stresującym może być również obecny niedobór informatyków na rynku: braki kadrowe w firmach mogą powodować wzajemne podkupywanie sobie pracowników i brak stabilności wewnątrz struktur projektowych związany z podwyższoną presją na pozostałych pracowników. Osoby zaangażowane w jakość produktu mogą się w tych warunkach nie odnaleźć, szczególnie w przypadku niepokrywania się hierarchii firmy oraz hierarchii w ramach realizowanych projektów informatycznych.

Tabela 5. Negatywne zjawiska związane ze schorzeniami zawodowymi u informatyków

Poziom zarządzania		
Pojedynczy specjalista	Mały zespół	Organizacja
Pogorszenie stanu zdrowia, brak motywacji	Problemy w zgraniu zespołu i komunikacji, brak ducha zespołu	Spadek efektywności pracy, mniejsze przywiązanie do organizacji, próby zmiany pracy

Kierunki przyszłych badań obejmują doskonalenie metodologii w celu obiektywizacji wyników oraz próbę standaryzacji w omawianym obszarze, co zwiększy możliwość badań porównawczych. Określenie czynników

prognostycznych oraz wskazanie wiodących tendencji pozwoli na opracowanie kompleksowej strategii prewencji opartej na zazębianiu się inicjatyw na różnych poziomach i sposobach oddziaływania. Z ww. względów w omawianej grupie zawodowej kluczowe wydaje się:

- określenie ról (w tym pozycji pracowników IT w organizacji),
- doskonalenie organizacji pracy (w tym podziału zadań) oraz przepływu informacji,
- zapewnienie zwiększonej samodzielności i kreatywności pracowników,
- rozwój systemów motywacyjnych,
- adaptację miejsc pracy w celu zmniejszenia ich uciążliwości dla zdrowia fizycznego i psychicznego.

Wymagane strategią prewencji zmiany organizacyjne na stanowiskach pracy można dokładnie określić jedynie na podstawie charakterystyki pracy oraz obciążeń i czynników ryzyka urazów i przeciążeń występujących na danym stanowisku pracy. W zawodzie informatyka występuje dość duże zróżnicowanie. Na przeciwnych krańcach spektrum można umieścić:

- informatyków pracujących w administracji państwowej i samorządowej, stosunkowo słabo opłacanych, niedocenianych,
- informatyków pracujących w korporacjach z branży IT – doskonale wynagradzanych, ale za to biorących aktywny udział w tzw. „wścigu szczurów”, ciągle przepracowanych, ciągle niedostatecznie wykształconych, bez czasu na odpoczynek (oczywiście jest szereg korporacji takich jak Google czy inne oferujące tzw. skandynawska kulturę pracy).

Ponadto są dwa przypadki szczególne:

1. informatycy medyczni, u których do zasadniczych problemów w tym obszarze należą:
 - bardzo okrojone komórki informatyki medycznej (do 4 osób),
 - brak strategii informatyzacji w znacznej części szpitali,
 - brak stosowania międzynarodowych lub krajowych standardów elektronicznej dokumentacji medycznej w większości szpitali,
 - możliwość komunikowania się z innymi systemami w ochronie zdrowia – dostępna tylko w 35% szpitali,
 - możliwość wymiany dokumentacji poprzez elektroniczne usługi udostępnione z systemu teleinformatycznego – dostępna tylko w 23% szpitali (13).

2. informatycy samozatrudnieni, których dotyczą te same problemy, co innych właścicieli firm.

Stąd uniwersalnym rozwiązaniem wydaje się jednoczesna budowa strategii prewencji na 3 poziomach:

1. regulacji prawnych i strategii dotyczących organizacji środowiska pracy,
2. organizacji – adaptacja ergonomii stanowisk pracy, okresowa ewaluacja jej skuteczności, elastyczność struktur organizacyjnych (rotacja, awans poziomy itp.),
3. indywidualnego pracownika – edukacja dyplomowa i podyplomowa, badania stanu zdrowia, świadomość zagrożeń.

Wysiłki podjęte na szczeblu województwa w ramach „Kujawsko-pomorskiego programu promocji zdrowia psychicznego w miejscu pracy — profilaktyka wypalenia zawodowego” pokazują, jak trudny jest problem właściwej oceny omawianej grupy zjawisk:

- spośród 96 zakładów pracy deklarujących udział do końca dotrwało 30 (31,25%),
- reprezentowane były branże: oświatowa (ok. 24%), administracja (ok. 32%), służba zdrowia (38%), inne (ok. 6%),
- tylko ok. 10% zakładów pracy próbowało w ostatnich 2-3 latach diagnozować przyczyny lub skutki nadmiernego stresu w pracy, a 60% podejmowało jakiegokolwiek działania profilaktyczne (z czego 50% przy braku wcześniejszej diagnozy) [14].

Dotychczasowe wyniki są zatem co najwyżej częściowe i trudno je odnieść do omawianej w niniejszej pracy grupy zawodów.

W czołówce krajowych i światowych rankingów na najlepszego pracodawcę, w zależności od organizatora rankingu, zawsze znajduje się co najmniej kilka firm z branży IT. Wysokie pozycje zajmują przede wszystkim pracodawcy oferujący wysoką kulturę pracy i przyjazne środowisko pracy. Z drugiej strony rynek pracownika w informatyce może powodować w firmach o złej opinii dużą fluktuację kadr, negatywną opinię o pracodawcy oraz problemy z pozyskaniem dobrych fachowców, kluczowych dla realizacji projektów. Wynika z tego, że jeśli stresogenne środowisko pracy już istnieje w organizacji, to sam dobór i adaptacja bardziej „odpornych” pracowników w ramach *stress management* może rozwiązać problemy organizacji tylko częściowo lub okresowo. W tych warunkach może wystąpić większa rotacja, a najlepsi, najefektywniejsi pracownicy zostaną szybko podkupieni przez konkurencję oferującą po prostu komfortowe warunki pracy przy tych samych wynagrodzeniach. W ten sposób odpowiednie

zarządzanie związanymi z pracą schorzeniami mięśniowo-szkieletowymi oraz wypaleniem zawodowym w grupie zawodowej informatyków nabiera znaczenia ekonomicznego: niewłaściwa polityka organizacji w tym obszarze może przyczynić się do spadku jej efektywności oraz wzrostu kosztów (częstsze rekrutacje, konieczność oferowania wyższych wynagrodzeń i bonusów, dłuższa realizacja projektów na skutek niekompletności zespołów projektowych, itd.). Należy zauważyć, że w instytucjach finansowanych z budżetu państwa, oderwanych od regulacji rynkowych, ww. argumentacja się nie sprawdza.

Ww. spostrzeżenia podnoszą wartość prób ustalenia związku między przyczynami i skutkami stresu i wypalenia zawodowego związanych z pracą informatyków, czynnikami podwyższonego ryzyka oraz sposobami zapobiegania stresowi i wypaleniu w tej grupie zawodowej. Zaprezentowane wyniki mogą być przydatne zarówno specjalistom z zakresu medycyny pracy, kadry kierowniczej organizacji oraz organom kontrolnym. Rozpowszechnienie oraz zastosowanie ww. wiedzy pozwoli na podniesienie efektywności pracy, zmniejszy absencję oraz poprawi wyniki ekonomiczne.

Szansą na przyspieszenie zrozumienia mechanizmów związanych ze stresem w pracy i wypaleniem zawodowym są narzędzia analizy sztucznie inteligentnej oraz model obliczeniowe. Pozwalają one na szybsze analizy dużych zbiorów danych, wychwytywanie niekorzystnych zmian w stanie zdrowia pracowników na zasadzie systemów przesiewowych, a także kreowanie dynamicznej normy oraz predykcji stanu zdrowia w ramach medycyny prewencyjnej.

4. Podsumowanie

Częstość występowania związanych z pracą schorzeń mięśniowo-szkieletowych oraz wypalenia zawodowego w grupie zawodowej informatyków wymaga dalszych badań. Do najważniejszych czynników prognostycznych należą: długotrwała praca przy komputerze, wymuszona nieprawidłowa pozycja przy komputerze oraz niewłaściwa ergonomia miejsca pracy. Przedstawione wyniki oraz propozycje strategii prewencji mogą stanowić punkt wyjścia dla dalszych badań, w tym w oparciu o modele obliczeniowe.

Literatura

1. Potocka A., Waszkowska M. Zastosowanie modelu „wymagania pracy – zasoby” do badania związku

- między satysfakcją zawodową, zasobami pracy, zasobami osobistymi pracowników i wymaganiami pracy. *Med. Pr.* 2013; 64(2):217–225.
2. Bugajska J., Żołnierczyk-Zreda D., Jędryka-Góral A. Rola psychospołecznych czynników pracy w powstawaniu zaburzeń mięśniowo-szkieletowych u pracowników. *Med. Pr.* 2011; 62(6):653–658.
 3. Witkowski S.A., Ślęzyk - Sobol M. Professional burnout - a comparative analysis considering the selected sectors in Poland. Part I. *Management.* 2012; 16(2):87-102.
 4. Witkowski S.A., Ślęzyk - Sobol M. Professional burnout - a comparative analysis considering the selected sectors in Poland. Part II *Management.* 2013; 17(2):88–103.
 5. Cieciora M. Wybrane problemy społeczne i zawodowe informatyki. *Wyd. III.* Warszawa: Wizja Press & IT; 2012.
 6. Czapiński J., Panek E. (red.) *Diagnoza społeczna 2015.* *Contemporary Economics* 2015; 9(4):1-547.
 7. Roche E. Do something - he's about to snap. *Harv Bus Rev.* 2003; 81(7):23-31,116.
 8. European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions: *The fourth working conditions survey.* Luxembourg: Publications Office of the European Union; 2005.
 9. Kogi K., Kawakami T., Itani T., Batino J.M. Low-cost work improvements that can reduce the risk of musculoskeletal disorders. *Int. J. Ind. Ergon.* 2003;31:179–184.
 10. Mikołajewska E. Strategie prewencji urazów związanych z pracą u fizjoterapeutów. *Med. Pr.* 2016; 67(5):673–679.
 11. Mikołajewska E. Stres związany z pracą i wypalenie zawodowe u fizjoterapeutów – przegląd literatury. *Med. Pr.* 2014; 65(5):693–701.
 12. Mikołajewska E. Urazy mięśniowo-szkieletowe związane z pracą u fizjoterapeutów]. *Med. Pr.* 2013; 64(5):681–687.
 13. Postępy informatyzacji. *Medycyna Praktyczna - Kurier MP* 14.11.2016 <http://www.mp.pl/kurier/153238> - dostęp 10.02.2017r.
 14. Puchalski K., Korzeniowska E., Kaczanowska-Burker E, Kurkowska K. Ewaluacja kujawsko- pomorskiego programu promocji zdrowia psychicznego w miejscu pracy w oparciu o kwestionariusz samooceny organizacji — doświadczenia, wyniki i wnioski z realizacji pierwszego etapu wdrożenia. *Med. Pr.* 2011; 62(6):609–622.

OBJAWY WYPALENIA ZAWODOWEGO JAKO PODSTAWA MODELU OBLICZENIOWEGO

Dariusz Mikołajewski^{*1,2}, Jolanta Masiak², Emilia Mikołajewska³, Grzegorz M. Wójcik⁴

² *Institut Informatyki, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego
ul. Kopernika 1, 85-074 Bydgoszcz*

² *Samodzielna Pracownia Badań Neurofizjologicznych, Wydział Lekarski, Uniwersytet Medyczny w Lublinie,
ul. Gluska 1, 20-439 Lublin*

³ *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*

⁴ *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: *Obecnym wyzwaniem jest zbadanie i optymalizacja obliczeniowych miar wypalenia zawodowego w celu obiektywnego określenia najlepszego sposobu obliczania satysfakcji z pracy, wypalenia zawodowego i predyktorów zamiaru odejścia z pracy w różnych grupach zawodowych. Celem badań prezentowanych w artykule był przegląd badań w zakresie obliczeniowego określenia zależności między doświadczaniem stresu w pracy a występowaniem objawów wypalenia zawodowego.*

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

Burnout symptoms as a basis for computational model

Abstract: *The current challenge is to explore and optimise computational measures of burnout to objectively determine the best way to calculate job satisfaction, job burnout and predictors of intention to quit across occupational groups. The aim of the research presented in this article was to review studies in the field of computational determination of the relationship between the experience of stress at work and the occurrence of symptoms of professional burnout.*

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

1. Wprowadzenie

Data science and computational models are increasingly being used due to the increasing availability of large data sets and the ability to perform advanced analytics in a relatively short time and at low cost, including with free tools. In a situation of rapid change, this allows leaders to stay abreast of this rapidly changing situation and the key factors shaping it, not always given in

an obvious way [1]. The challenge is to explore and optimise computational measures of burnout to objectively determine the best way to calculate job satisfaction, job burnout and predictors of intention to quit across occupational groups [2]. The Maslach Burnout Inventory-Human Services Survey (MBI-HSS) was used to assess job burnout in 452 Brazilian hospital nursing staff. Adjusted logistic regression models were fitted using different calculations of job burnout to estimate the outcomes of

interest. The sum of mean scores of the burnout subscales was the best predictor of job satisfaction (Cox-Snell $R^2 = 0.312$; Nagelkerke $R^2 = 0.450$) and intention to quit (Cox-Snell $R^2 = 0.156$; Nagelkerke $R^2 = 0.300$), as was high emotional exhaustion (Cox-Snell $R^2 = 0.219$; Nagelkerke $R^2 = 0.316$). MBI-HSS calculations can be used to estimate the impact of job burnout on nurse performance [2]. The use of multiple contemporary data science methods (e.g. natural language processing - NLP, artificial neural networks - ANN) for 15 different types of outcomes relevant to nurses was identified. The largest number of studies explored readmissions issues and pressure injuries, while topics such as acceptance of artificial intelligence/machine learning, professional burnout, patient safety and ward culture were underrepresented. Such studies help to understand the breadth and depth of the use of data science capabilities to improve clinical processes and patient outcomes that are relevant to nurses, and to identify gaps in the literature that need to be explored [1]. At the behavioural level, training overload increased impulsivity in economic choice by tending to favour immediate rewards over delayed rewards in a computational model. At the neural level, training overload results in reduced activation of the lateral prefrontal cortex, a key region of the cognitive control system, during economic choice. There is therefore a functional link between endurance exercise and the exercise of cognitive control. The concept of cognitive control fatigue combines the functional consequences of excessive physical training and mental work into a single neuro-computational mechanism that may contribute to other forms of clinical burnout syndromes [3]. Many activities require persistence in decision making, i.e. that the reward is worth the effort, even when fatigue sets in. Computational modelling was used in two effort-based tasks, one behavioural and one during fMRI showing that two latent fatigue states fluctuate from moment to moment on different time scales, but both reduce willingness to exert effort for reward. The value of one state increases after effort but is recoverable by rest, whereas the other unrecoverable state gradually increases with work. These results provide a computational framework for understanding the brain mechanisms of persistent and momentary fatigue [4]. Apathy and fatigue have distinct aetiologies but can manifest in phenotypically similar ways: each can lead to impaired goal-directed behaviour. Self-descriptive (questionnaire) ratings of apathy and fatigue were strongly correlated, i.e. these questionnaires were not sensitive to fundamental differences between the two traits and greater effort discounting was strongly associated with higher scores across all questionnaires,

suggesting that a common feature of both traits is lower motivation to engage in effortful behaviour. These findings have important implications for the assessment of both apathy and fatigue, particularly in clinical groups where these traits often co-occur [5]. Based on a social information processing approach and resource behaviour theory, collective burnout emerged as an organisational-level construct (employees shared perceptions of how burned out their colleagues are) and to predict individual burnout beyond indicators of demands and resources. Results from computational modelling showed that perceived collective burnout at time 1 was a significant predictor of burnout at time 2, after accounting for prior levels of burnout, demands (workload, teacher-student ratio, absenteeism rate) and resources (quality of school facilities). Perceived collective burnout is an important feature of the work environment that may be a significant factor in the development of burnout [6]. Current issues of particular relevance to psychiatry include the relationship between burnout and mental illness, attempts to redefine burnout as simply exhaustion, and the relative lack of evaluative research into potential interventions for treating and/or preventing burnout. The goal of treating burnout is usually to enable people to return to and be successful in their work, psychiatry should make an important contribution by identifying treatment strategies that would be most effective in achieving this goal [7]. Higher levels of autonomy, competence and relatedness predicted job burnout, even after accounting for job demands. Job resources such as basic psychological needs outlined by self-determination theory, along with perceived respect, buffer the negative impact of secondary trauma on job burnout. The occupational resource of perceived esteem also buffers the negative impact of physical job demands on burnout. These findings suggest that although job demands may be difficult to change, increasing the satisfaction of job resources may help mitigate burnout in physiotherapists. The current findings highlight the need for workplace interventions that cultivate the satisfaction of basic psychological needs, such as autonomy, competence and connectedness, to address job burnout among physiotherapists [8]. The COVID-19 coronavirus stress and burnout were positively related to depression, anxiety and stress, and negatively related to resilience. Coronavirus stress and COVID-19 burnout were correlated with increased levels of depression, anxiety and stress more than resilience, age and gender. The results also showed that coronavirus stress and COVID-19 burnout experienced in the later phases of the pandemic may be persistent risk factors for mental health problems [9].

Little is known about the variation in responses to work-related stress among new medical professionals (e.g., nurses) and the influence of demographic and organizational characteristics. Occupational stress levels in 343 newly recruited nurses were measured using the Occupational Stress Scale for Newly Graduated Nurses, and results were compared using latent growth modelling and group subgroup modelling of occupational stress development trajectories. The study found a significant decrease in occupational stress over the first three years of employment, with three distinctive trajectories observed: low occupational stress (19.1% of the sample); medium occupational stress (67.1%) and high occupational stress (13.8%). Subgroups with different demographic characteristics differed significantly in their perception of occupational stress during the first three years of practice, hence the need to develop models, observe and detail the developmental trajectories of occupational stress, establish alerts and tailor future intervention programmes (peer support programmes, standardised preceptor systems) [10]. Comprehensive Meta-Analysis analysis of the data, including meta-regression analysis, showed that as the sample size increases, the prevalence of depression and anxiety among frontline healthcare workers caring for patients with COVID-19 decreases [11].

There are many different research approaches related to occupational stress resulting from human-computer interaction (laboratory studies, cross-sectional studies, longitudinal case studies and intervention studies). Physiological, biochemical, somatic and psychological indicators of stress associated with occupational activities involving human-computer interaction have been identified. Many similar stressors have historically been observed in other automated occupations. Primary among these are:

- high workload,
- high work pressure,
- reduced control over work,
- inadequate training of workers in the use of new technologies,
- monotonous tasks,
- relations with superiors,
- fear of job security.

New stressors include:

- technology failures,
- technological slowdowns,
- electronic performance monitoring.

The effects of stress related to human-computer interaction in the workplace are:

- increased physiological arousal,

- somatic complaints (including musculoskeletal);
- mood disorders (anxiety, fear and anger),
- reduced quality of working life (reduced job satisfaction).

Interventions to reduce the stress associated with this:

- more effective approaches to technology implementation,
- increased employee participation in technology implementation,
- appropriate ergonomic conditions,
- increased organisational support,
- improved work content,
- appropriate workload,
- increased opportunities for social support,
- focus on system sustainability [12].

The prevalence of visual field abnormalities appears to be increased among Japanese workers who are intensive computer users, especially if they have refractive defects [13].

Compatible surfaces result in higher levels of muscle activation in the lower limbs facilitating increased caloric expenditure. Trends towards a sedentary lifestyle at work and increased obesity mean that active sitting facilitates increased caloric expenditure and muscle activation [14].

Increasing use of information and communication technology (ICT) devices is causing increasing exposure to visual display devices and important workplace health problems. The association between axial length of eye (AL) extension and ICT use was significantly higher in the >8 hour/day group compared with the <1 hour/day group. The association was particularly strong in the older groups, and higher-risk activities included word processing, emailing, preparing presentation materials and web browsing. In contrast, no such relationship was observed for the use of ICT for private purposes such as playing games. It is not known whether the effects of these two activities (ICT use at work and at home) add up [15].

The aim of the research presented in this article was to review studies in the field of computational determination of the relationship between the experience of stress at work and the occurrence of symptoms of professional burnout.

2. Concepts

Computational models of burnout are rare. Lack of complete knowledge on the neural correlates of burnout focuses studies mainly on the hypothalamus-pituitary-adrenal axis [16], but attempts to construct them are found mainly in modelling factors of sports training and related burnout [17-20]. The classical model of burnout is based on the following paradigm: adaptation to job stress may be influenced by risk factors:

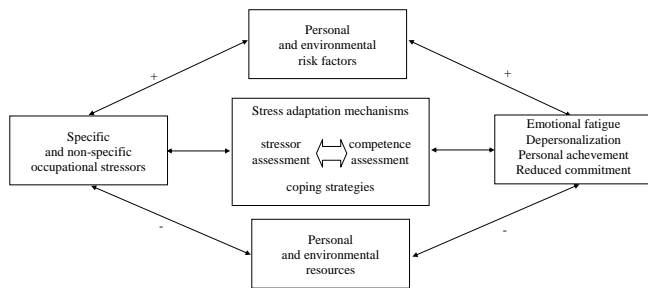
Dariusz Mikołajewski, Jolanta Masiak, Emilia Mikołajewska, Grzegorz M. Wójcik
 Objawy wypalenia zawodowego jako podstawa modelu obliczeniowego

- personal: inappropriate professional motivation, skill deficiencies, feelings of helplessness, developmental deficits in autonomy,
 - environmental: lack of support, social transformation and disorganization, material shortages,
- increasing the likelihood of professional burnout.

The above mentioned risk factors during adaptation to chronic stress can be counteracted by:

- subjective resources: professional competences and coping skills, sense of empowerment,
- environmental resources: social support, favourable organisational climate, anti-burnout counselling, recreational environment in the workplace (figure 1).

Fig. 1. Classical model of burnout [21].



The key to correct model operation is the proper selection of weights (forces of interactions between individual elements of the model) and their influence (inhibitory, excitatory) on the final effect of input signal processing. The aforementioned selection of combinations and weights is still a subject of research, selection and testing, as models should be personalised to a specific situation/person (figure 3, figure 4).

Fig. 2. Idea of model based on Brief Burnout Questionnaire Revised [22].

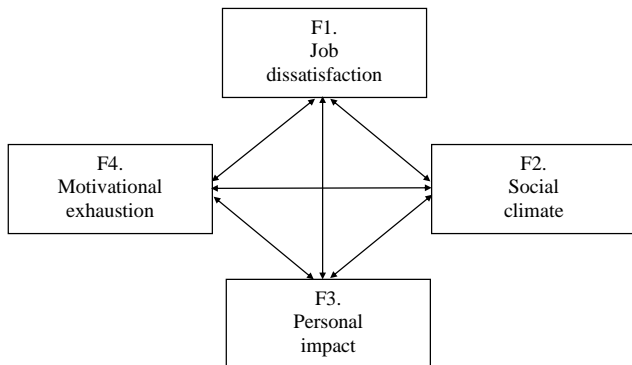


Fig. 3. Realization of model based on Brief Burnout Questionnaire Revised [22]

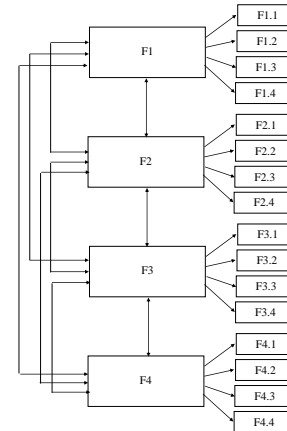
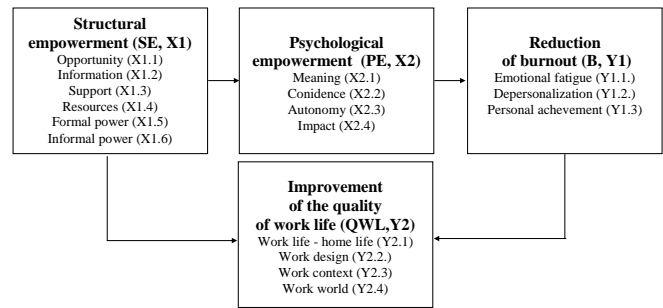


Fig. 4. Idea of empowerment model for burnout syndrome and quality of work life [23]



An accurate model can provide not only an accurate representation of a specific situation, but also allow predictions to be made. To ensure rapid convergence of models and to avoid situations that are impossible to implement in practice, models are run with a certain set of default starting parameters, usually based on the common sense experience of the researchers (figures 4-6).

Fig. 5. Realization (simplified) Idea of empowerment model for burnout syndrome and quality of work life [23]

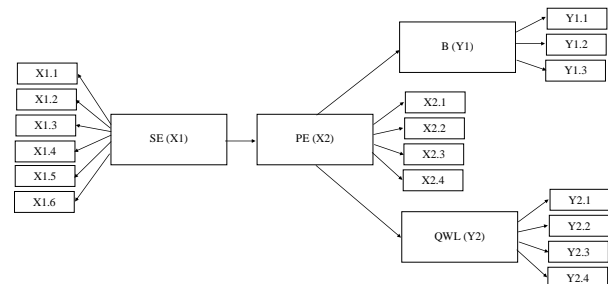
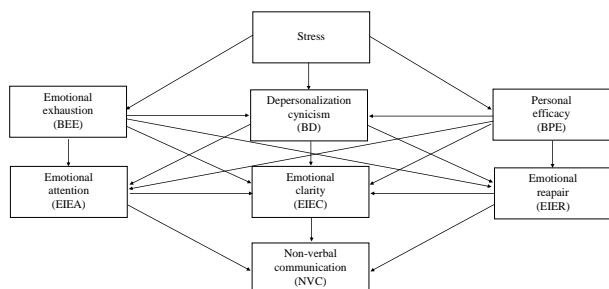


Fig. 6. Idea of explanatory model of perception of stress based on Maslach Burnout Inventory (MBI) [24]



The own models are mainly based on own research on work-related stress and burnout in a group of physiotherapists and computer scientists. Both traditional neural networks and deep learning, but also fuzzy and fractal analysis were used to develop them. This allows us to go beyond traditional paradigms and perhaps develop new, as yet undiscovered mechanisms underlying the build-up of work-related stress towards burnout. It is important to remember that the burnout model is only a special case derived from the model of a healthy body's normal response to work-related stress, and the trajectories leading to burnout may be different.

3. Discussion

Previous research on computational models of burnout has produced interesting solutions, based mainly on surveys. The development of methods of computational data analysis brings new opportunities related to deep learning, fuzzy analysis (in the area of uncertainty mapping, the impact of the direction of change or the nature of the standard: point, interval) or multifractal analysis (in the area of trend susceptibility analysis). There is a need for objectivisation of burnout surveys, their automation and personalisation. An important element of future research is predictive models, allowing digital simulation of scenarios of possible developments based on the current state and the experience base of other cases (both healthy and pathologically developing). A limitation of the research to date has been the focus on traditional surveys. The introduction of screening would allow faster identification and monitoring of both the norm and the deviations from it that occur, often specific to a population or a moment in time (e.g. a post-pandemic situation). High availability of data would enable the use of big data

analysis tools. This would enable the application of the so-called dynamic norm, i.e. the projection by means of multidimensional scaling into 3D space of trajectories of physiological and pathological changes from a large set of parameters/characteristics and their changes describing as accurately as possible the state of the patient. In this way it would be possible to image the so-called distance from the norm.

5. Wnioski

Computational models of the correct response to work-related stress and models presenting various deficiencies, deformations and overloads of the above models, including those leading to burnout, may be useful in understanding the detailed mechanisms of the above processes. The current stage of development of the aforementioned models indicates the need for further research, including towards the individualisation of computational models of burnout.

Literatura

- Schultz M.A., Walden R.L., Cato K., Coviak C. P., Cruz C., DeAgostino F., Douthit B. J., Forbes T., Gao G., Lee M. A. , Lekan D., Wieben A., Jeffery A. D. Science Methods for Nursing-Relevant Patient Outcomes and Clinical Processes: The 2019 Literature Year in Review. *Comput Inform Nurs.* 2021; 39(11):654-667.
- Dutra H. S., Guirardello E. B., Li Y., Cimiotti J. P. Nurse Burnout Revisited: A Comparison of Computational Methods. *J Nurs Meas.* 2019; 27(1):E17-E33. doi: 10.1891/1061-3749.27.1.E17.
- Blain B., Schmit C., Aubry A., Hausswirth C., Le Meur Y., Pessiglione M. Neuro-computational Impact of Physical Training Overload on Economic Decision-Making. *Curr Biol* 2019; 29(19):3289-3297.e4. doi: 10.1016/j.cub.2019.08.054.
- Müller T., Klein-Flügge M. C., Manohar S. G., Husain M. Neural and computational mechanisms of momentary fatigue and persistence in effort-based choice. *Apps MAJ. Nat Commun.* 2021; 12(1):4593. doi: 10.1038/s41467-021-24927-7.
- Jurgelis M., Chong W. B., Atkins K. J., Cooper P. S., Coxon J. P., Chong T. T. Heightened effort discounting is a common feature of both apathy and fatigue. *Sci Rep.* 2021; 11(1):22283. doi: 10.1038/s41598-021-01287-2.
- González-Morales M. G., Peiró J. M., Rodríguez I., Bliese P. D. Perceived collective burnout: a multilevel

- explanation of burnout. *Anxiety Stress Coping*. 2012; 25(1):43-61.
7. Maslach C., Leiter M. P. Understanding the burnout experience: recent research and its implications for psychiatry. *World Psychiatry*. 2016; 15(2):103-11.
 8. Patel R. M., Bartholomew J. Impact of Job Resources and Job Demands on Burnout among Physical Therapy Providers. *Int J Environ Res Public Health*. 2021; 18(23):12521.
 9. Moroń M., Yildirim M., Jach Ł., Nowakowska J., Atlas K. Exhausted due to the pandemic: Validation of Coronavirus Stress Measure and COVID-19 Burnout Scale in a Polish sample. *Curr Psychol*. 2021 Nov 26:1-10.
 10. Zhang Y., Steege L. M., Pavek K. U., Brown R. L., Zhang Y. Identifying patterns of occupational stress trajectories among newly graduated nurses: A longitudinal study. *Int J Nurs Stud*. 2019; 99:103332.
 11. Salari N., Khazaie H., Hosseini-Far A., Khaledi-Paveh B., Kazemian M., Mohammadi M., Shohaimi S., Daneshkhah A., Eskandari S. The prevalence of stress, anxiety and depression within front-line healthcare workers caring for COVID-19 patients: a systematic review and meta-regression. *Hum Resour Health*. 2020; 18(1):100.
 12. Smith M. J., Conway F. T., Karsh B. T. Occupational stress in human computer interaction. *Ind Health*. 1999; 37(2):157-73.
 13. Nakano T., Hayashi T., Nakagawa T., Honda T., Owada S., Endo H., Tatemichi M. Increased Incidence of Visual Field Abnormalities as Determined by Frequency Doubling Technology Perimetry in High Computer Users Among Japanese Workers: A Retrospective Cohort Study. *J Epidemiol*. 2018; 28(4):214-219.
 14. Dickin D. C., Surowiec R. K., Wang H. Energy expenditure and muscular activation patterns through active sitting on compliant surfaces. *J Sport Health Sci*. 2017; 6(2):207-212.
 15. Honda T., Nakagawa T., Watanabe Y., Hayashi T., Nakano T., Horie S., Tatemichi M. Association between Information and Communication Technology use and Ocular Axial Length Elongation among Middle-Aged Male Workers. *Sci Rep*. 2019; 9(1):17489.
 16. Chow Y., Masiak J., Mikołajewska E., Mikołajewski D., Wójcik G. M., Wallace B., Eugene A., Olajossy M. Limbic brain structures and burnout - A systematic review. *Advances in Medical Sciences* 2018; 63(1):192-198.
 17. 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.
 18. 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.
 19. 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.
 20. 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.
 21. Sęk H. Poznawcze i kompetencyjne uwarunkowania wypalenia w pracy z chorymi, *Postępy Psychiatrii i Neurologii*. 2005; 14:95.
 22. Pérez-Fuentes MdC, Molero Jurado MdM, Martos Martínez Á., Gázquez Linares J. J. New Burnout Evaluation Model Based on the Brief Burnout Questionnaire: Psychometric Properties for Nursing. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018; 15(12):2718.
 23. Nursalam N., Fibriansari R. D., Yuwono S. R., Hadi M., Efendi F., Bushy A. Development of an empowerment model for burnout syndrome and quality of nursing work life in Indonesia, *International Journal of Nursing Sciences*, 2018; 5(4):390-395.
 24. Puertas-Molero P., Zurita-Ortega F., Chacón-Cuberos R., Martínez-Martínez A., Castro-Sánchez M., González-Valero G. An Explanatory Model of Emotional Intelligence and Its Association with Stress, Burnout Syndrome, and Non-Verbal Communication in the University Teachers. *Journal of Clinical Medicine*. 2018; 7(12):524.

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

Dariusz Mikołajewski ^{*1,2}, Jolanta Masiak², Emilia Mikołajewska³, Grzegorz M. Wójcik⁴

² Instytut Informatyki, Uniwersytet Kazimierza Wielkiego
ul. Kopernika 1, 85-074 Bydgoszcz

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

³ 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

⁴ 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 χ^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

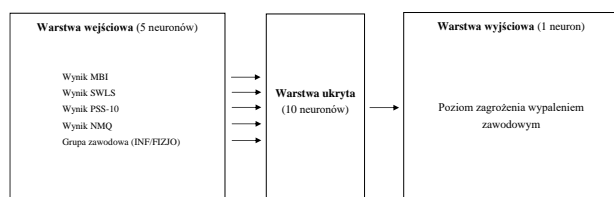
Do optymalizacji parametrów wykorzystano trójwarstwową ANN zbudowaną i wytrenowaną w środowisku MATLAB R2021b z wykorzystaniem

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 błęd (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.



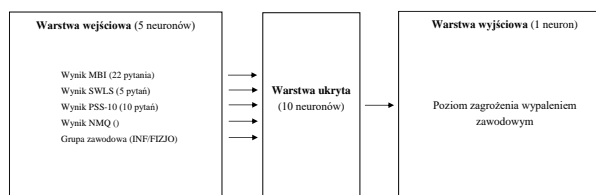
Każda warstwa sieci zawierała neurony o tej samej funkcji aktywacji (tabela 9).

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.