

dr inż. Ełiasz Kańtoch
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej
Katedra Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej
al. Mickiewicza 30
30-059 Kraków

Autoreferat dotyczący osiągnięć naukowo-badawczych, dydaktycznych i organizacyjnych

Kraków, 2018 r.

Spis treści

1. Imię i nazwisko	3
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych	3
4. Doświadczenie naukowe zdobyte w kraju i za granicą	4
5. Wskazanie osiągnięcia naukowego wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki	4
5.1. Tytuł osiągnięcia naukowego.....	4
5.3. Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania	6
5.3.1. Geneza i analiza problemu naukowego	6
5.3.2. Teza, cel i zakres badań	8
5.3.3. Rozwiązanie problemu naukowego	10
5.3.4. Omówienie osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich wykorzystania	10
5.3.5. Podsumowanie oraz wkład w rozwój dyscypliny	20
6. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych	22
7. Osiągnięcia dydaktyczne, w zakresie popularyzacji nauki oraz opieki nad studentami i doktorantami	30
8. Podsumowanie	33
9. Bibliografia	34

1. Imię i nazwisko

Eliasz Kańtoch

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej

- 4.04.2013 Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej
- nadanie stopnia naukowego Doktora Nauk Technicznych w dyscyplinie Biocybernetyka i Inżynieria Biomedyczna (złożenie rozprawy: 11.2012).
Tytuł rozprawy doktorskiej: „Nadzorowanie aktywności człowieka z użyciem sieci BSN”, promotor: prof. dr hab. inż. Piotr Augustyniak
- 2005 - 2010 Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział: Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektrotechniki
Kierunek: Informatyka Stosowana
Specjalizacja: Informatyka w medycynie i systemach multimedialnych
Tytuł: mgr inż.
- 2008 - 2011 Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział: Międzywydziałowa Szkoła Inżynierii Biomedycznej
Kierunek: Inżynieria biomedyczna
Specjalizacja: Indywidualny plan studiów pod opieką naukową prof. dr. hab. inż. Piotra Augustyniaka
Tytuł: inżynier biomedyczny
- 2013/2014 Dyplom ukończenia Studium Doskonalenia Dydaktycznego dla Pracowników AGH, Wydział Humanistyczny Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

- 2018- nadal **Adiunkt naukowo-dydaktyczny** w Katedrze Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie.
- 2013 - 2018 **Adiunkt naukowo-dydaktyczny** w Katedrze Automatyki i Inżynierii Biomedycznej na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie.

- 2010 - 2013 **Asystent naukowo-dydaktyczny** w Katedrze Automatyki i Robotyki na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie.
- 2009 - 2010 **Staż asystencki** na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie.

4. Doświadczenie naukowe zdobyte w kraju i za granicą

- 10-12.2011 Stany Zjednoczone, Stanford University, CA, staż naukowo-szkoleniowy jako laureat pierwszej edycji programu TOP500 Innovators, 10-12.2011, jednostka kierująca: MNiSW.
- 10-11.2013 Niemcy, Instytut Fraunhofera, Lipsk, staż naukowo-szkoleniowy w zakresie zarządzania projektami badawczymi i infrastrukturą badawczą w ramach programu NCBR SIMS - Science Infrastructure Management Support, jednostka kierująca: NCBR.
- 10-11.2013 Niemcy, TU Dresden, staż naukowo-szkoleniowy w zakresie zarządzania projektami badawczymi i infrastrukturą badawczą w ramach programu NCBR SIMS - Science Infrastructure Management Support, jednostka kierująca: NCBR.
- 11-12.2013 Stany Zjednoczone, IBM Thomas J. Watson Research Center, staż naukowo-szkoleniowy w zakresie zarządzania projektami badawczymi i infrastrukturą badawczą w ramach programu NCBR SIMS - Science Infrastructure Management Support, jednostka kierująca: NCBR.
- 11.2018 Słowacja, University of Žilina, Department of Measurement and Applied Electrical Engineering, wizyta studyjna w celu współpracy badawczej.

5. Wskazanie osiągnięcia naukowego wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki

5.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Cykl publikacji naukowych powiązanych tematycznie zatytułowany:

Analiza i przetwarzanie danych dotyczących zdrowia człowieka z użyciem wielomodalnej fuzji heterogenicznych danych z czujników nasobnych lub środowiskowych oraz metod sztucznej inteligencji na potrzeby systemów telemedycznych.

5.2. Osiągnięcie naukowe - cykl publikacji naukowych powiązanych tematycznie

a) Lista publikacji z listy JCR:

lp	Autorzy, tytuł publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa	Impact factor
1.	Kańtoch, E. (2018). Recognition of Sedentary Behavior by Machine Learning Analysis of Wearable Sensors during Activities of Daily Living for Telemedical Assessment of Cardiovascular Risk Sensors 2018, 18, 3219.	IF 2.475
2.	Przybyło, J., Kańtoch, E. , & Augustyniak, P. (2018). Eyetracking- based assessment of affect-related decay of human performance in visual tasks. Future Generation Computer Systems, 2018, ISSN 0167-739X. https://doi.org/10.1016/j.future.2018.02.012	IF 3.997
3.	Przybyło, J., Kańtoch, E. , Jabłoński, M., Augustyniak, P. (2016). Distant Measurement of Plethysmographic Signal in Various Lighting Conditions Using Configurable Frame-Rate Camera. Metrology and Measurement Systems, 23(4), pp. 579-592.	IF 1.598
4.	Augustyniak, P., & Kańtoch, E. (2015). Turning domestic appliances into a sensor network for monitoring of activities of daily living. Journal of Medical Imaging and Health Informatics, 5(8), 1662-1667. 0052.	IF 0.621
5.	Augustyniak, P., Smoleń, M., Mikrut, Z., & Kańtoch, E. (2014). Seamless tracing of human behavior using complementary wearable and house-embedded sensors. Sensors, 14(5), 7831-7856.	IF 2.677
Sumaryczny impact factor publikacji naukowych według listy Journal Citation Reports (JCR)		11,368

b) Lista publikacji pozostałych:

lp	Autorzy, tytuł publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa	WoS/ Scopus
1.	Grochala, D., Kajor, M., Kańtoch, E. (2018). A wearable multi-sensor solution for daily activities monitoring with an expanded respiratory part, URSI 2018 - Baltic URSI Symposium, pp. 95-99.	Scopus
3.	Kajor, M., Grochala, D., Iwaniec, M., Kańtoch, E. , Kucharski, D. (2018). A prototype of the mobile stethoscope for telemedical application. XIV-th International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH), Lviv, 2018, pp. 5-8.	WoS, Scopus
4.	Grochala, D., Kajor, M., Kucharski, D., Iwaniec, M., Kańtoch, E. (2018). A Novel Approach in Auscultation Technology- New Sensors and Algorithms. 11th International Conference on Human System Interaction (HSI), Gdańsk, 2018, pp. 240-244.	Scopus
5.	Kańtoch, E. , Augustyniak, P. (2017). Wearable Data Collecting and Processing Hub for Personal Vital Signs Measurement. Advances in Microelectronics: Reviews. Volume 1. Editor: Sergey Y. Yurish. International Frequency Sensor Association (IFSA) Publishing. S. L., pp. 437-456.	-
6.	Kańtoch, E. , Grochala, D., Kajor, M., & Kucharski, D. (2017). The prototype of wearable sensors system for supervision of patient rehabilitation using artificial intelligence methods. In Conference on Innovations in Biomedical Engineering. Springer, Cham, pp. 205-214.	Scopus
7.	Kucharski, D., Grochala, D., Kajor, M., & Kańtoch, E. (2017). A Deep Learning Approach for Valve Defect Recognition in Heart Acoustic Signal. In International Conference on Information Systems Architecture and Technology. Springer, Cham, pp. 3-14.	Scopus
8.	Kańtoch, E. (2017). Human Activity Recognition for Physical Rehabilitation Using Wearable Sensors Fusion and Artificial Neural Networks. In Computing in Cardiology Conference (CinC). IEEE, pp. 296-332.	Scopus

9.	Przybyło, J., Jabłoński, M., Kańtoch, E. , Augustyniak, P. (2017). Distant Pulse Measurement System for Real-Time Surveillance Applications. In Computing in Cardiology Conference (CinC). ISSN 2325-8861, vol. 44, s. 1-4.	Scopus
10.	Kańtoch, E. , Grochala, D., & Kajor, M. (2017). Bio-inspired Topology of Wearable Sensor Fusion for Telemedical Application. In International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing. Springer. Cham, pp. 658-667.	WoS, Scopus
11.	Kańtoch, E. (2015). BAN-based health telemonitoring system for in-home care. In Computing in Cardiology Conference (CinC). IEEE, pp. 113-116.	WoS, Scopus
12.	Kańtoch, E. , Augustyniak, P. (2013). Automatic Behavior Learning for Personalized Assisted Living Systems. In Machine Learning and Applications (ICMLA), 12th International Conference on IEEE. Vol. 2, pp. 428-431.	WoS, Scopus

5.3. Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

5.3.1. Geneza i analiza problemu naukowego

Badanie możliwości akwizycji, przetwarzania i analizy danych z czujników nasobnych oraz z czujników znajdujących się w otoczeniu pacjenta (środowiskowych) na potrzeby usług telemedycznych stanowi wiodącą tematykę badawczą, którą zainteresowałem się rozpoczynając swoją pracę naukową, a następnie kontynuując te zainteresowania poprzez stawianie hipotez badawczych, projektowanie, konstruowanie i analizę prototypów urządzeń oraz algorytmów, a także przeprowadzając eksperymenty i analizując uzyskane wyniki. Ze względu na ograniczenia związane z dostępem do wyspecjalizowanej nasobnej aparatury badawczej spełniającej wymagania odnośnie możliwości automatycznej akwizycji wybranych danych podczas wykonywania czynności dnia codziennego (*ang. activities of daily living*) oraz umożliwiającej dostęp do ich surowej postaci (nieprzetworzonych przez zastrzeżone algorytmy producentów), w momencie planowania badań na potrzeby testowania postawionych hipotez badawczych w swoich eksperymentach w dużej mierze wykorzystywałem samodzielnie opracowane prototypy urządzeń przeznaczonych do noszenia (nasobnych) oraz umieszczanych w otoczeniu pacjenta (np. infrastrukturze), co pozwoliło mi na uzyskanie oryginalnych wyników. Ponadto, kontrola całego toru akwizycji i przetwarzania danych ułatwiła mi opracowanie dedykowanych urządzeń do eksperymentów oraz optymalny dobór parametrów, czego efektem były oryginalne wyniki i zaproponowanie zestawu zaleceń odnośnie systemów telemedycznych opartych o czujniki nasobne.

Przeprowadzone przeze mnie analizy stanu techniki, dostępnych rozwiązań oraz danych rynkowych z obszaru telemedycyny, monitorowania pacjenta oraz urządzeń mobilnych wykorzystujących czujniki biomedyczne doprowadziły mnie do zidentyfikowania

szeregu wyzwań badawczych, z których część podjąłem w swoich badaniach i kierowanych przeze mnie projektach badawczych.

Zmiany demograficzne oraz rosnące potrzeby społeczne wymuszają poszukiwanie nowych bardziej efektywnych metod świadczenia usług zdrowotnych w oparciu o technologie informacyjno-telekomunikacyjne (ICT) oraz telemedycynę. Ogółem pomiędzy 2025 a 2040 r. liczebność osób w wieku 80 lat i więcej zwiększy się w Polsce z 1.7 miliona do 3.4, czyli dwukrotnie [1]. Wzrost ten doprowadzi do znacznych zmian w organizacji opieki dla osób starszych i będzie wyzwaniem dla systemu opieki medycznej. Raport pt. „Remote Patient Monitoring Devices Market - Global Industry Analysis, Size, Share, Growth, Trends and Forecast”, 2014 - 2020, przeprowadzony przez Transparency Market Research, szacuje, że obecnie globalny rynek monitorowania pacjenta ma wielkość 31.4 mld USD i będzie rósł na poziomie 14.2% rocznie do 2020 roku. Natomiast raport pt. „Global Markets for Telemedicine Technologies” podaje, że globalny rynek telemedycyny osiągnął wartość 16.3 mld USD w 2013 i 19.2 mld USD w 2014 roku, a prognozuje się osiągnięcie wartości około 43.4 mld USD w roku 2019 ze średnim rocznym wzrostem na poziomie 17.7%. Szczególnie dynamicznie rozwijającym się jest **sektor kontroli pacjentów w systemie opieki domowej**. Jego wartość wyniosła prawie 8.2 mld USD w 2014 roku i powinna wynieść 23.9 mld USD w 2019 (średni roczny wzrost na poziomie 24%) [2]. Coraz większą popularność zdobywają urządzenia typu fitness tracker do ciągłego monitorowania ilości kroków oraz snu, co świadczy o dużym zapotrzebowaniu na łatwe w stosowaniu i nieograniczające wykonywania czynności dnia codziennego rozwiązania z obszaru monitorowania aktywności zdrowotnej. Jednakże dostępne na rynku produkty mają charakter gadżetów, a nie urządzeń medycznych. Nie zostały one zaprojektowane do wspomagania diagnozy, ale do monitorowania aktywności sportowej i przeznaczone są głównie dla ludzi młodych i aktywnych. Dostępne rozwiązania posiadają szereg wad: skomplikowaną obsługę i konfigurację, wysoką cenę, brak możliwości przetwarzania i automatycznej analizy pobranych danych, pomiar tylko pojedynczych parametrów, brak dostosowania do konkretnych procedur klinicznych, brak otwartej architektury i dostępu do surowych danych itp. Przedstawione wyżej dane wskazują, że sposób świadczenia usług medycznych może ulec rewolucji technologicznej w ciągu najbliższych lat. Zmiany antroposocjologiczne będą wzmacniać tendencję rozwoju i konieczność stosowania e-Zdrowia przy jednoczesnym wzroście, zwiększeniu zaufania i akceptacji społeczeństwa dla korzystania z usług telemedycznych. W związku z tym, pojawia się zapotrzebowanie

na opracowywanie i badanie nowych metod akwizycji, przetwarzania i analizy multimodalnych danych oraz nieinwazyjnego monitorowania pacjenta poza środowiskiem szpitalnym.

Uzyskane przeze mnie wyniki badań i analiz pozwoliły mi na zaproponowanie zestawu zaleceń odnośnie potrzeby rozwoju systemów telemedycznych opartych o czujniki nasobne dedykowane do wsparcia procesu diagnozy, leczenia, a także prewencji. Wpisuje się to w obserwowaną obecnie ewolucję współczesnego paradygmatu medycyny opartej na dowodach (*ang. evidence based medicine*) w kierunku podejścia opartego o **medycynę spersonalizowaną i zapobieganie** [3]. Następuje przesunięcie koncentracji uwagi od leczenia choroby na jej zapobieganie, czyli prewencję w oparciu o ciągłą analizę danych pozyskanych od pacjenta.

5.3.2. Teza, cel i zakres badań

Autor zidentyfikował niedostateczny poziom wykorzystania, integracji i analizy danych z czujników nasobnych oraz danych pozyskanych z otoczenia pacjenta (środowiskowych), uniemożliwiających ich pełne i optymalne wykorzystanie w celach diagnostyki stanu pacjenta, prewencji, planowania leczenia oraz w zastosowaniach telemedycznych. W związku z powyższym *istotne jest opracowywanie metod, które umożliwią akwizycję i analizę wielomodalnych danych dotyczących zdrowia człowieka na potrzeby telemedycyny z użyciem czujników nasobnych lub czujników umieszczonych w otoczeniu pacjenta (środowiskowych)*. Wobec zidentyfikowanych wyzwań postawiłem następującą tezę badawczą:

Możliwa jest ekstrakcja informacji istotnych diagnostycznie lub we wspomaganiu szacowania ryzyka zachorowalności z multimodalnych danych pochodzących z czujników nasobnych, środowiskowych lub ich kombinacji na potrzeby systemów telemedycznych.

Sformułowałem następujące tezy szczegółowe:

1. Analiza i przetwarzanie danych z czujników nasobnych o dwóch różnych modalnościach umieszczonych w koszulce umożliwiają wsparcie oceny wybranego ryzyka zdrowotnego (np. zwiększone ryzyko chorób sercowo-naczyniowych).

2. Analiza i przetwarzanie danych z czujników umieszczonych w elementach infrastruktury domowej umożliwia wyznaczenie rekordu behawioralnego (zachowania człowieka) na potrzeby teleopieki.
3. Ekstrakcja informacji z multimodalnego systemu pomiarowego wpływa korzystnie na wyznaczanie parametrów istotnych diagnostycznie w zastosowaniach telemedycznych.

Celem naukowym prowadzonych przeze mnie badań jest opracowanie metod ekstrakcji informacji istotnych diagnostycznie lub informujących o ryzyku wystąpienia danej choroby z multimodalnych danych, pochodzących z czujników nasobnych, środowiskowych lub ich kombinacji na potrzeby systemów telemedycznych.

Zakres prowadzonych przeze mnie badań obejmował:

- Studia literaturowe w zakresie telemedycyny, klinicznie istotnych parametrów w diagnozowaniu i zapobieganiu wystąpienia chorobom, pozaszpitalnych systemów monitorowania pacjenta, algorytmów analizy i przetwarzania sygnałów oraz urządzeń mobilnych, wykorzystujących czujniki biomedyczne.
- Rozwój metodologii pomiarów oraz badanie własności i parametrów czujników o różnych modalnościach oraz platform obliczeniowych mogących znaleźć zastosowanie w systemach telemedycznych.
- Badanie i eksploracja możliwości wykorzystania ubrań (z zamocowanymi czujnikami) jako elementów systemu telemedycznego.
- Badanie i rozwój architektury systemów telemedycznych wykorzystujących multimodalne źródła danych.
- Badanie i rozwój algorytmów dedykowanych do ekstrakcji parametrów istotnych z punktu widzenia diagnozy, optymalizacji leczenia lub zapobiegania chorobom z czujników nasobnych lub czujników umieszczonych w otoczeniu pacjenta na potrzeby systemów telemedycznych.
- Ocenę możliwości wykorzystania czujników nasobnych, środowiskowych lub ich kombinacji do wspomagania świadczenia usług telemedycznych.
- Analizę aspektów prawnych i certyfikacyjnych dla wyrobów medycznych wykorzystujących czujniki nasobne.

5.3.3. Rozwiązanie problemu naukowego

Przeprowadzone przeze mnie badania umożliwiły osiągnięcie wyznaczonego celu i realizację przyjętego zakresu badań. Wyniki badań zaprezentowałem w publikacjach ujętych, jako osiągnięcie naukowe (Załącznik 3. Część: I B. pkt. 1-16).

5.3.4. Omówienie osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich wykorzystania

Według danych opublikowanych przez Centrum Kontroli i Prewencji Chorób (*ang. Centers for Disease Control and Prevention –CDC*) oraz *European Cardiovascular Disease Statistics* (2017) choroby układu sercowo-naczyniowego są uważane za główną przyczynę zachorowalności, niepełnosprawności, hospitalizacji oraz zgonów wśród osób starszych nie tylko w Europie, ale także na innych kontynentach [4-7]. Okazuje się, że więcej osób umiera z przyczyn sercowo-naczyniowych, niż z jakiegokolwiek innej przyczyny. Leczenie tych chorób jest wyzwaniem dla współczesnych systemów opieki zdrowotnej krajów rozwiniętych z powodu starzejącej się populacji osób starszych oraz wzrastających kosztów opieki zdrowotnej. Większości chorób sercowo-naczyniowych (ok. 80%) można zapobiegać poprzez reagowanie na behawioralne czynniki ryzyka takie jak np. brak aktywności fizycznej przy użyciu strategii obejmujących całą populację [8]. Szczególnym zainteresowaniem cieszy się w ostatnich latach pomiar aktywności fizycznej. Europejskie rekomendacje dotyczące chorób sercowo-naczyniowych opracowane przez *European Society of Cardiology* oraz *European Society of Hypertension* zaliczyło brak aktywności fizycznej do jednego z głównych czynników powiązanych ze zwiększonym ryzykiem zachorowalności na choroby układu krążenia. Zgodnie z rekomendacjami ważne jest utworzenie metryk, służących do promocji zdrowego stylu życia na poziomie populacyjnym. Badania epidemiologiczne sugerują, że regularna aerobowa aktywność fizyczna może być korzystna zarówno w zapobieganiu jak i leczeniu nadciśnienia tętniczego oraz w obniżaniu ryzyka sercowo-naczyniowego i śmiertelności [9-10]. Jednakże, zdaniem ekspertów, regularna aktywność fizyczna jest niewystarczająca, ponieważ w prewencji chorób sercowo-naczyniowych ważne jest również unikanie zbyt długiego czasu spędzanego w pozycji siedzącej. Aby to osiągnąć, stosowane metody powinny obejmować zarówno subiektywne, jak i obiektywne narzędzia pomiarowe. Pomiary obiektywne, takie jak akcelerometry, dostarczają dokładniejszych informacji o wzorcach aktywności fizycznej, zmniejszając w ten sposób błąd pomiaru. Z kolei, pomiary subiektywne są znacznie trudniejsze, ponieważ wymagają przeprowadzenia dokładniejszego wywiadu lub kwestionariusza przez lekarza bądź inny wykwalifikowany personel medyczny.

Ocena ilościowa siedzącego trybu życia jest więc parametrem diagnostycznym [11-12]. Pacjenci zazwyczaj nie zdają sobie sprawy jak długo w rzeczywistości przebywają w pozycji siedzącej, co może implikować błędy oszacowań oraz nieświadomość zwiększonego ryzyka sercowo-naczyniowego. Celis-Morales et. al. [13] pokazał, że różnica pomiędzy deklarowanym a zmierzonym czasem przebywania w pozycji siedzącej znacznie się różni (Celis-Morales et. al., 2012). Harvey et al. wskazał, że siedzący tryb życia jest wszechobecny wśród osób starszych i stanowi zwiększone ryzyko zdrowotne [14]. Ponadto, większość badań w tym zakresie była realizowana z wykorzystaniem kwestionariuszy. Specyfikacja i standaryzacja oceny czasu spędzonego w pozycji siedzącej powinna być przedmiotem przyszłych badań (Harvey et al., 2013). Rekomendacje opracowane przez Narodowy Instytut Zdrowia i Doskonałości Zdrowotnej Wielkiej Brytanii (*ang. National Institute for Health and Care Excellence - NICE*) potwierdzają, że ten problem nie został w pełni rozwiązany i potrzebne są dalsze badania w tym zakresie [15].

W związku z powyższym, istnieje potrzeba opracowania metody umożliwiającej obiektywną ocenę ilościową i oszacowanie czasu przebywania w pozycji siedzącej (*ang. sedentary behavior*) przy zachowaniu możliwości wykonywania codziennych czynności. Zidentyfikowałem następujące jakościowe kryteria akceptacji dla takiego systemu: złożoność obliczeniową algorytmów, koszt, pobór energii, możliwość implementacji w systemach ubieralnych, minimalnie ograniczający wykonywanie codziennych czynności.

Dostępne na rynku ubieralne urządzenia pomiarowe wykorzystują zastrzeżone systemy operacyjne oraz algorytmy, co dodatkowo utrudnia dostęp do surowych danych pomiarowych oraz porównywanie wyników z różnych urządzeń. Niektóre systemy operacyjne wymagają wykorzystania API (*ang. Application Programming Interface*) producenta w celu np. pobrania danych z czujnika oraz narzucają restrykcyjne ograniczenia odnośnie np. częstotliwości dostępu do danych czujników czy czasu wykonania algorytmów, czego efektem jest brak możliwości zapewnienia gwarancji spójności pomiarowej oraz determinizmu, jak również ograniczone są możliwości kalibracji. Sasai et al. [16] w swoim artykule przeglądowym pokazał, że najpopularniejsze urządzenia ubieralne stosowane w badaniach dostarczają różne wyniki, co utrudnia ich porównywanie. Obecnie powszechnie stosowane podejście opiera się na założeniu, że jeden parametr jest wyznaczany w oparciu o dane z czujników o pojedynczej modalności. Niesie to za sobą pewne ograniczenia np. w monitorowaniu siedzenia, co zostało potwierdzone przez Koster et al. [17],

który zauważył, że stosowane obecnie algorytmy wykorzystujące dane z czujników przyspieszenia zamocowanych na nadgarstku niedoszacowywały czasu przebywania w pozycji siedzącej.

Na podstawie przeprowadzonych badań i eksperymentów (Załącznik 3. Część: I B. pkt. 1) opracowałem metodę do automatycznego rozpoznawania i ilościowej oceny siedzącego trybu życia związanego ze zwiększonym ryzykiem sercowo-naczyniowym. Dobór parametrów algorytmów i komponentów pozwolił mi zredukować wieloczujnikowy system do optymalnej postaci w oparciu o kryteria złożoności obliczeniowej, cen komponentów, poboru energii, możliwości zastosowania w systemie ubieralnym oraz minimalnie ograniczający wykonywanie codziennych czynności. Pod kątem postawionych wymagań analizie i badaniu poddano następujące czujniki: optyczny czujnik tętna, czujnik przyspieszenia, czujnik natężenia światła otoczenia, czujnik pomiaru ciśnienia tętniczego, czujnik reakcji elektrodermalnej, czujniki ugięcia, czujnik EKG oraz czujniki temperatury otoczenia i powierzchni skóry. Rozwiązanie to jest oparte o zaprojektowany, skonfigurowany i skonstruowany unikatowy zestaw elementów oraz oprogramowanie w postaci dedykowanego prototypu systemu nadzoru człowieka stawiającego czoła zidentyfikowanym wymaganiom. Nowatorski charakter proponowanej metody jest dwójaki. Po pierwsze, wykorzystuje czujniki o dwóch różnych modalnościach. Po drugie, wykorzystuje prototyp koszulki z wszytymi komponentami oraz z interfejsem telemedycznym, który integruje część akwizycyjną i obliczeniową. Dane pochodzące z nadających się do noszenia czujników zostały wykorzystane do stworzenia wektora cech opartego o oszacowaną relatywną intensywność (*ang. relative intensity*), wykorzystującą wiek pacjenta jako parametr oraz wariancję przefiltrowanych danych z akcelerometru. Empirycznie dobrany wektor cech posiada korzystne własności w zastosowaniach dla systemów ubieranych. Metoda ta została zweryfikowana za pomocą protokołu eksperymentalnego, który zaprojektowano w taki sposób, aby był bezpieczny dla osób starszych i był oparty na sprawdzonych klinicznie krótkich testach oceny sprawności fizycznej, takim jak np. Test Short Physical Performance Battery (SPPB) - wykorzystywany w populacji geriatrycznej i pozwalający na identyfikację osób, które są szczególnie zagrożone niepełnosprawnością i trudnościami w wykonywaniu podstawowych czynności życia codziennego [18-19]. Koszulka jest korzystnym rozwiązaniem dla pacjentów szpitalnych oddziałów geriatrycznych oraz starszych pensjonariuszy domów opieki, ponieważ w tym przypadku koszulka jest zakładana i ściągana osobom przewlekle leżącym przez

wykwalifikowany personel medyczny. W praktyce trudno ją samodzielnie ściągnąć (dotyczy pacjentów z otępieniem, przewlekle leżących, którzy nie potrafią samodzielnie wykonywać podstawowych czynności życia codziennego). Koszulka może zostać również w bardzo łatwy sposób wykorzystana przez rodziny pacjentów oraz profesjonalnych opiekunów medycznych w warunkach domowych.

Opracowana metoda została przetestowana na wolontariuszach w różnym wieku, w tym wśród osób powyżej 80 roku życia. Opracowane modele wykorzystujące metody sztucznej inteligencji umożliwiły sklasyfikowanie siedzenia z dokładnością $95.00\% \pm 2.11\%$. Zaobserwowano, że opracowany model może być aproksymowany liniowo w przedziałach, co jest jego niewątpliwą zaletą. Wyniki eksperymentalne sugerują, że opracowana metoda może znaleźć zastosowanie do obiektywnej oceny siedzącego trybu życia. Postawiona hipoteza badawcza została potwierdzona przez uzyskane wyniki. Główną zaletą opracowanej metody jest ciągłe monitorowanie aktywności pacjenta poprzez wykorzystanie czujników umieszczonych w ubraniu i może zostać wykorzystana do wczesnego wykrywania zwiększonego ryzyka sercowo-naczyniowego. Zaproponowane rozwiązanie jest powiązane ze zgłoszeniem patentowym nr P.418874 pt. „*Sposób akwizycji sygnałów pomiarowych, naklejka sensoryczna oraz system pomiarowo-kontrolny*”, opublikowanym w Biuletynie Urzędu Patentowego Rzeczypospolitej Polskiej, w którym mój udział wynosi 90% (pozostałą część posiada naukowiec i jednocześnie lekarz z Katedry Chorób Wewnętrznych i Gerontologii, Kliniki Chorób Wewnętrznych i Geriatrii Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie). Opracowane przeze mnie rozwiązanie zostało wystawione na Międzynarodowych Targach Wynalazków m.in. podczas Kaohsiung International Invention & Design EXPO w Tajwanie, gdzie otrzymałem złoty medal oraz nagrodę za Najlepszy Wynalazek Europejski. Rozwiązanie zostało także wybrane przez Centrum Transferu Technologii AGH oraz dołączone do oferty technologicznej AGH i oczekuje na propozycje licencjodawców z obszaru producentów aparatury medycznej.

Przy wzroście znaczenia danych pozyskanych z wyrobów medycznych w diagnozie i leczeniu, kluczowym jest zapewnienie, aby urządzenia wykorzystywane w procesie diagnozy spełniały wymagania w zakresie zgodności wyrobu z normami i innymi uregulowaniami np. dyrektywą MDD (dyrektywa 93/42/EWG dotycząca wyrobów medycznych), ustawą o wyrobach medycznych i Rozporządzeniami Ministra Zdrowia związanymi z tą ustawą. Spełnienie tych wymagań może zostać potwierdzone poprzez ocenę zgodności wyrobu oraz

Systemu Zarządzania Jakością według PN-EN ISO 13485 w Jednostce Notyfikowanej poprzez audit zewnętrzny, co z kolei potwierdza, że oceniany wyrób medyczny jest bezpieczny i skuteczny. Dedykowane rozwiązanie w postaci elektronicznej koszulki jest oryginalnym podejściem mającym przewagę nad rozwiązaniami ubieralnymi ogólnego przeznaczenia, które zostały zaprojektowane jako gadżety, a nie wyroby medyczne. W ramach kierowanego przeze mnie projektu TANGO z pomocą wyspecjalizowanej firmy wykazano, że wyrób w postaci koszulki sprzężonej z systemem telemedycznym może zostać zaklasyfikowany jako wyrób medyczny.

Automatyczne rozpoznawanie czynności zyskuje coraz większe zainteresowanie naukowców, lekarzy i fizjoterapeutów. Dzięki rozwojowi technologii czujników i technologii komunikacyjnych możliwe jest budowanie przenośnych urządzeń zdolnych do automatycznego rozpoznawania wzorców sygnałów ruchowych, co niesie za sobą nowe możliwości wsparcia procesu rehabilitacji i nadzorowania procesu leczenia. Regularna aktywność fizyczna ma szczególne znaczenie w populacji osób starszych. Według danych literaturowych regularne wykonywanie aktywności fizycznej - od chodzenia o niskiej intensywności, do bardziej energicznych ćwiczeń sportowych i ćwiczeń oporowych, może wiązać się ze zmniejszeniem ryzyka rozwoju poważnych chorób układu sercowo - naczyniowego, wystąpienia upadków, osłabienia sprawności funkcji poznawczych, wystąpienia osteoporozy czy osłabienia mięśni [11]. Wobec braku wystarczającej ilości personelu pielęgniarskiego i lekarskiego, sanitariuszy oraz innych pracowników medycznych opracowana technologia może okazać się bardzo pomocnym rozwiązaniem na szpitalnych oddziałach geriatrycznych oraz w instytucjach opieki długoterminowej, gdzie znajdują się pacjenci przewlekle leżący, z niepełnosprawnością, niedożywieniem, wielochorobowością, wielolekowością oraz otępieniem, wymagający całodobowej opieki medycznej.

Na podstawie przeprowadzonych badań i eksperymentów (Załącznik 3. Część: I B. pkt. 8) zweryfikowano hipotezę o możliwości automatycznego różnicowania wybranej czynności rehabilitacyjnej względem zestawu czynności dnia codziennego (ADL) na potrzeby nadzoru procesu rehabilitacji. Badania umożliwiły optymalne rozmieszczenie czujników nasobnych, optymalny dobór parametrów oraz opracowanie algorytmu do obliczenia deskryptorów sygnałów, które posłużyły do klasyfikacji z użyciem opracowanej topologii wielowarstwowej sieci neuronowej. W wyniku badań dobrano sygnały częstości akcji serca, temperatury ciała oraz przyspieszenia, jako istotne z punktu widzenia nadzoru wybranej

czynności rehabilitacyjnej jak również zapewnienia bezpieczeństwa podczas tego procesu. Zidentyfikowany optymalny multimodalny wektor cech sygnałów, który zawierał zarówno parametry w dziedzinie czasu jak i częstotliwości m.in. dominującą częstotliwość sygnałów czy analizę wariancji sygnałów. Opracowany model umożliwił automatyczne rozpoznanie czynności rehabilitacyjnej z ponad 85% czułością i 90% specyficznością. Uzyskane wyniki badań pozwoliły na zaobserwowanie, że możliwe jest automatyczne wykrywanie wybranych czynności rehabilitacyjnych z użyciem nasobnego urządzenia wyposażonego w zestaw czujników jak i zwróciły uwagę na wpływ doboru czujników oraz cech sygnałów na dokładność wyników. Zastosowana hybrydowa architektura toru pomiarowego obejmująca komercyjne urządzenie medyczne jak i dedykowany prototyp urządzenia rejestrującego zwraca uwagę na bariery w zakresie automatycznej analizy danych z urządzeń medycznych bez właściwie wyspecyfikowanych metod dostępu do surowych danych z urządzenia. Wyniki eksperymentalne sugerują, że opracowana metoda może znaleźć zastosowanie w systemach wsparcia procesu telerehabilitacji.

Kontynuacja prac nad metodologią automatycznej klasyfikacji czynności rehabilitacyjnej doprowadziła do przebadania szeregu kolejnych modeli (Załącznik 3. Część: I B. pkt. 6). Wyniki pokazały, że w zależności od modelu osiągnięto skuteczność w przedziale 80%-99%. Najlepsze wyniki uzyskano dla modelu Random Forest (RF). Ponadto, złożoność algorytmu wynosi $\log(n)$, co powoduje, że ten model okazał się najlepszym kandydatem do zastosowań w systemach ubieralnych, umożliwiając obliczenie algorytmu na urządzeniu ubieralnym bez potrzeby dostępu do zasobów zewnętrznych z serwera. Uzyskane wyniki mogą posłużyć do zastosowania w systemach z ograniczoną ilością zasobów obliczeniowych, w tym w systemach ubieralnych.

Na podstawie przeprowadzonych badań i eksperymentów (Załącznik 3. Część: I B. pkt. 14) opracowałem topologię multimodalnego systemu akwizycji danych pomiarowych dedykowanego do specyfiki urządzeń nasobnych wraz z metodą ich fuzji w jeden rekord danych. W wyniku prac projektowych powstał model inspirowany układem nerwowym strunowców, mający swoją reprezentację w postaci prototypu wieloczujnikowego urządzenia pomiarowego przeznaczonego do wykonywania pomiarów podczas wykonywania codziennych czynności. Rekord danych stanowił odczyty wartości dostępnych czujników i umożliwiał obserwację i analizę zmienności przebiegu sygnałów podczas zaplanowanych eksperymentów. Elastyczna architektura umożliwiła szybką rekonfigurację urządzenia

na potrzeby danego badania. Opracowany prototyp został wykorzystany do wstępnej klasyfikacji wzorców ruchowych w oparciu o zmodyfikowany model perceptronu. Wyniki eksperymentów potwierdziły spełnienie postawionych wymagań, użyteczność i możliwości wykorzystania opracowanej platformy do akwizycji multimodalnych danych w warunkach domowych na potrzeby analizy z wykorzystaniem metod sztucznej inteligencji.

Słuszność przyjętego podejścia opartego o wykorzystanie sieci neuronowych (w tym sieci głębokich tzw. deep learning) w analizie danych z czujników została poddana dalszym badaniom i także potwierdzona w pracy (Załącznik 3. Część: I B. pkt. 7).

Zastosowanie systemów nadzorujących zachowanie osób starszych może przedłużyć autonomiczne funkcjonowanie w środowisku domowym, a tym samym wpłynąć na redukcję kosztów opieki, a także zapewnić poczucie bezpieczeństwa. Postawiono hipotezę (załącznik 3. Część: IB. pkt. 12), że urządzenia domowe lub elementy infrastruktury domowej mogą dostarczyć informacji na temat wykonywanych czynności dnia codziennego i zostać wykorzystane do utworzenia rekordu behawioralnego (zachowania człowieka), którego analiza może dostarczyć zestaw zaleceń możliwych do wykorzystania w obszarze zapobiegania, diagnostyki i terapii. W szczególności możliwe jest zidentyfikowanie zmiany zachowania okołodobowego, co może świadczyć np. o pogorszeniu się stanu zdrowia, anomaliach itp. W wyniku przeprowadzonych eksperymentów i analiz dobrano zestaw urządzeń lub elementów domowej infrastruktury i opracowano metodę w oparciu o skonstruowane prototypy urządzeń wyposażonych w bezprzewodowy interfejs komunikacji i umożliwiającą odczyt wybranej informacji o jej użyciu. Uzyskane dane posłużyły do wyznaczenia rekordów behawioralnych służących do analizy zachowania człowieka, a otrzymane wyniki potwierdziły zdolność do spełnienia postawionych wymagań i realizację zakładanej funkcjonalności. Opracowana metoda ma szereg zalet w odniesieniu do obecnych rozwiązań m.in. zapewnienie prywatności, nieograniczanie wykonywania codziennych czynności poprzez wykorzystanie „oczujnikowanych” elementów infrastruktury domowej, zapewnienie „niewidzialności” systemu dla pacjenta, brak potrzeby modyfikowania codziennych czynności, brak potrzeby samodzielnego wykonywania pomiarów kontrolnych czy prowadzenia dzienniczka aktywności.

W wyniku przeprowadzonych analiz i eksperymentów opracowano koncepcję o rozszerzeniu informacji mogących być istotnymi w procesie profilaktyki, diagnostyki i terapii, a które są możliwe do akwizycji podczas wykonywania codziennych czynności, w tym także

czynności poza środowiskiem domowym lub klinicznym. W tym celu opracowano projekt architektury systemu, u której podstaw leży idea o wzajemnym współdziałaniu i komunikacji inteligentnych elementów nasobnych oraz elementów znajdujących się w otoczeniu pacjenta (środowiskowych). Postawiono i zweryfikowano hipotezę (załącznik 3. Część: IB. pkt. 16), (Załącznik 3. Część: I B. pkt. 13), (załącznik 3. Część: IB. pkt. 15), że możliwe jest nadzorowanie zachowania człowieka przy użyciu dostępnych nasobnych czujników i/lub dostępnych komplementarnych specyficznych dla danego środowiska (np. zainstalowanych w domowej infrastrukturze) „oczujnikowanych” elementów infrastruktury. Zaproponowano architekturę komunikacji zdolną do integracji z systemem telemedycznym przeznaczonym do opieki domowej oraz aby w zbiorze czujników środowiskowych (specyficznych dla danego środowiska) znalazły się też inne urządzenia medyczne takie jak np. waga z kompatybilnym interfejsem komunikacyjnym (Załącznik 3. Część: I B. pkt. 13).

Przeprowadzono badania i analizę architektury urządzenia w postaci ubieralnego koncentratora wzorowanego na urządzeniu typu „smartphone” (gdyż zamiast dedykowanego zastosowania do akwizycji obrazów i dźwięków planowana jest analiza i przetwarzanie biosygnatów), jako węzła sieciowego ze szczególnymi możliwościami w zakresie metodologii akwizycji biosygnatów oraz zdolnego do komunikacji z czujnikami nasobnymi i otaczającą infrastrukturą (załącznik 3. Część: IB. pkt. 5). W wyniku prac badawczych opracowano metodę polegającą na fuzji informacji w zintegrowany rekord danych w oparciu o dostępne i specyficzne dla danego kontekstu komunikaty z dostępnych węzłów pomiarowych. Dane z multimodalnych czujników tworzą kontekst pomiarowy dla długoterminowych badań zachowania i mogą dostarczyć informacji na temat kontekstu punktu pomiarowego (zmiana wymiarowości rekordu behawioralnego) np. wyjście na zewnątrz powoduje włączenie rejestracji danych pomiarowych z odbiornika GPS uzupełniając tym samym zapisy pochodzące z nasobnego czujnika przyspieszenia o dane geolokalizacyjne, z kolei ważenie w łazience powoduje dodanie do punktu pomiarowego informacji o zarejestrowanej wadze i miejscu jej zarejestrowania itp. Dodatkowymi zaletami takiego rozwiązania są redundancja danych oraz możliwość wykonania semi-automatycznego znakowania danych na potrzeby uczenia maszynowego.

Dalsze prace badawcze w tym obszarze będą kontynuowane poprzez utworzenie „living lab” w postaci mieszkania wyposażonego w inteligentną infrastrukturę wzorowaną rozwiązaniami: Smart Medical Home (Uniwersytet Rochester, USA), laceLab (MIT, Cambridge

MA, USA), iHomeLab (Lucerne University of Applied Sciences, Szwajcaria). Obecnie trwają prace nad rozszerzeniem zakresu badań oraz pozyskania finansowania. Nawiązano już współpracę z przedstawicielami Urzędu Miasta Krakowa.

Weryfikacja postawionych hipotez badawczych wymagała zaprojektowania, opracowania, skonfigurowania i doboru parametrów dla prototypów wykorzystujących multimodalne czujniki, które zostały wykorzystane do akwizycji danych podczas czynności dnia codziennego na potrzeby systemów telemedycznych, gdyż znacząca większość dostępnych urządzeń badawczych służących do akwizycji danych w warunkach poza laboratoryjnych nie umożliwiała dostępu do surowych danych pomiarowych, nie zapewniła kompatybilnego interfejsu komunikacji, nie umożliwiała dogodnego mocowania do ubrania pacjenta oraz możliwości zmiany parametrów toru pomiarowego (załącznik 3. Część: I B. pkt. 1, 14)

Zaproponowano czujniki oddechu oparte o nici przewodzące, które potwierdziły zdolność do rejestracji sygnału oddechowego podczas wybranych codziennych czynności przy zachowaniu ubieralności czujnika (załącznik 3. Część: I B. pkt. 3). Przeanalizowano możliwość integracji opracowanego rozwiązania z opracowaną wielomodalną platformą pomiarową.

Przebadano i przeanalizowano możliwość rejestracji sygnału bioakustycznego serca na potrzeby zastosowania telemedycznego z użyciem standardu Bluetooth (załącznik 3. Część: I B. pkt. 4). W ramach projektu TANGO analizom poddano różne topologie sieci komunikacyjnych oraz interfejsy transmisji bezprzewodowej na potrzeby systemów ubieralnych. Szczególnie obiecujące wyniki uzyskano dla platformy nRF52832 opracowanej przez Nordic Semiconductor. Zaproponowano rozwiązanie wykorzystujące NFC do bezpiecznego parowania węzłów sieci wyposażonej w interfejs Bluetooth Low Energy (BLE). Wyniki pokazały, że maksymalny dystans pomiędzy węzłami NFC wyniósł 61 mm. Natomiast maksymalny zasięg dla transmisji wykorzystującej BLE wyniósł 71 metrów w otwartym terenie. Pobór prądu dla węzła sensorycznego wyniósł 6.7 mA.

W wyniku kontynuacji badań i eksperymentów opracowano metodę akwizycji sygnału akustycznego (osłuchowego) na potrzeby systemów ubieralnych oraz algorytmy oparte o uczenie maszynowe na potrzeby automatycznej klasyfikacji sygnałów akustycznych serca (załącznik 3. Część: IB. pkt. 10). Badaniom podlegały dwie wersje urządzeń opartych o mikrofony elektretowe oraz jeden w oparciu o piezo film. Do weryfikacji algorytmów wykorzystano bazę nagrań sygnałów patologicznych serca z Uniwersytetu Aalborg. Wyniki pokazały, że rozpoznawanie patologicznych sygnałów z użyciem podejścia opartego o sieci

neuronowe pozwoliły na klasyfikację na poziomie 75%, natomiast uzyskano 71% dla podejścia opartego o Random Forest (RF).

Wideopletysmografia jest obecnie uważana za obiecującą metodę nieinwazyjnego pomiaru częstości akcji serca w różnorodnych zastosowaniach m.in. telemedycznych, sportowych czy AAL. W wyniku przeprowadzonych eksperymentów zbadano skuteczność algorytmu do wyznaczania częstości akcji serca w zmiennych warunkach oświetlenia (światło sztuczne, światło dzienne, światło podczerwone, światło z żarówki) oraz zmiennej częstotliwości próbkowania w oparciu o analizę danych z kamery wykorzystującej czujnik o rozszerzonym zakresie pomiarowym w podczerwieni (załącznik 3. Część: IB. pkt. 11). Przeanalizowano możliwość wykorzystania czujników nasobnych do badań. Wykorzystano algorytm oparty o metodę Welch'a do estymacji mocy sygnału w funkcji częstotliwości. Wyniki pokazały, że zarówno warunki oświetlenia jak i częstotliwość próbkowania wpływa na dokładność wykrywania częstości akcji serca. Zaobserwowany błąd (różnica w stosunku do wyznaczonego ground-truth z użyciem czujników nasobnych) waha się od 0.35 BPM (światło sztuczne) do 6.6 BPM dla światła dziennego. Wyniki mogą być wykorzystane do projektowania rozwiązań umożliwiających (odległy) nieinwazyjny pomiar częstości akcji serca na potrzeby przesiewowej diagnostyki, w tym telemedycznej lub w szpitalnych oddziałach ratunkowych, aby skrócić czas identyfikacji pacjentów najbardziej potrzebujących pomocy.

Procesy emocjonalne mają istotny wpływ na zdrowie i życie każdego człowieka. Wpływają m.in. na percepcję, zachowanie, efektywność wykonywanych zadań czy na racjonalne podejmowanie decyzji. Do tej pory nie opracowano standaryzowanego podejścia do pomiaru reakcji afektywnej. W wyniku przeprowadzonych eksperymentów zaobserwowano wpływ reakcji emocjonalnej na zmianę wybranych parametrów fizjologicznych mierzonych za pomocą czujników nasobnych (załącznik 3. Część: IB. pkt. 2). Zaletą tego podejścia jest możliwość nieinwazyjnej oceny stanu emocjonalnego danej osoby. Podczas eksperymentów dokonywano rejestracji zmienności parametrów fizjologicznych w tym częstości akcji serca z wykorzystaniem czujników nasobnych. Do tego celu wykorzystano i oprogramowano pulsometri Polar, Mio oraz iHealth. Zaobserwowano, że podczas wystąpienia reakcji afektywnej u części badanych nastąpił wzrost częstości akcji serca, zmiana częstotliwości kaskad (90% ochotników) oraz zmiana maksymalnej prędkości w fazie fiksacji (80% ochotników). Wyniki mogą być wykorzystane do projektowania rozwiązań umożliwiających monitorowanie i sygnalizowanie w przypadku identyfikacji przewlekłych

stanów afektywnych jak np. w chorobie afektywnej dwubiegunowej (zmian stanu emocjonalnego), epizodów depresyjnych oraz maniakałnych, występujących u pacjentów poddawanych obserwacji lub leczeniu.

5.3.5. Podsumowanie oraz wkład w rozwój dyscypliny

Wyniki przeprowadzonych przeze mnie badań i prac ujętych jako osiągnięcie naukowe stanowią istotny wkład w aktualny stan wiedzy w zakresie systemów telemedycznych. Za szczególnie znaczące osiągnięcie uważam kompleksową analizę i zaproponowanie zestawu zaleceń w zakresie określania możliwości wykorzystania multimodalnych danych z czujników nosobnych, z otoczenia pacjenta lub ich kombinacji na potrzeby systemów telemedycznych. Wyniki przeprowadzonych badań i analiz doprowadziły mnie do zaproponowania i rekomendowania utworzenia urządzeń ubieralnych ściśle specjalizowanych do zastosowań telemedycznych w odróżnieniu od urządzeń ubieralnych ogólnego przeznaczenia, które służą głównie do monitorowania aktywności sportowej (np. tzw. „fitness trackers”).

Opracowana metoda oparta jest o bimodalne podejście polegające na akwizycji i analizie danych na temat zdrowia człowieka z nosobnego multimodalnego urządzenia pomiarowego stanowiącego element systemu telemedycznego lub czujników znajdujących się w otoczeniu pacjenta (środowisku). Istotą rozwiązania jest dobór i wyznaczenie cech wielomodalnych danych oraz parametrów stosowanych metod obliczeniowych przy uwzględnieniu ograniczeń systemów ubieralnych i telemedycznych, ich fuzja oraz automatyczna analiza (w tym kontekstowa). Takie podejście pozwala na redukcję wielomodalnych danych w hipotezę na temat sposobu optymalizacji procesu leczenia, prewencji czy wykrywania sytuacji niebezpiecznych.

Opracowana metoda może przyczynić się do rozwiązania problemów dotyczących nadzoru osób i znaleźć zastosowanie w opracowywaniu usług telemedycznych, zwłaszcza dedykowanych dla osób starszych. Jest to szczególnie ważne w dobie starzejącego się społeczeństwa, ponieważ coraz częściej osoby starsze, najczęściej owdowiałe, mieszkają samotnie, z daleka od swoich rodzin, dlatego każde pogorszenie stanu zdrowia, upadek czy inne zdarzenia niepożądane mogą zostać wykryte przez członków rodziny z dużym opóźnieniem. Zintegrowanie systemu pomiarowego z elementem ubrania oraz elementami otoczenia umożliwia automatyczną analizę zachowania pacjenta w środowisku

przy minimalnym ograniczeniu wykonywania codziennych czynności. Wyniki badań Autora mogą znaleźć zastosowanie w opracowywaniu usług telemedycznych skierowanych do pacjentów cierpiących na przewlekłe choroby takie jak choroby układu sercowo-naczyniowego (np. przewlekła niewydolność serca, zaburzenia rytmu serca, choroba niedokrwienna serca), układu oddechowego (np. astma, POCHP, obturacyjny bezdech senny), układu hormonalnego (np. choroby tarczycy), zaburzenia gospodarki wodno-elektrolitowej (np. przewlekła hiponatremia), profilaktyka przeciwoleżynowa, wykrywanie i automatyczne nadzorowanie ćwiczeń rehabilitacyjnych.

Autor uzyskał w swoim środowisku autorytet specjalisty i eksperta w zakresie reprezentowanej dyscypliny naukowej, czego potwierdzeniem są m.in.:

- Współautorstwo wykładu zapraszanego w języku angielskim pt. "Biomedical Engineering – Opportunities and Threats", podczas Międzynarodowego warsztatu z laureatem Nagrody Nobla prof. Erwinem Neher - pod patronatem Stowarzyszenia Stypendystów im. Aleksandra von Humboldta w dniach 21-23 czerwca 2015.
- Zaproszenie jako ekspert do roundtable podczas konferencji IMPACT'17 w sesji Biotechnology & Digital Health, ICE Kraków Centrum Kongresowe, 31 maja – 1 czerwca, 2017.
- Wykład zapraszany pt. "Zastosowanie nowoczesnych technologii ICT w medycynie" podczas II Forum Inteligentnego Rozwoju w 2017 roku w panelu Zdrowe Społeczeństwo – Bezpieczeństwo Zdrowotne Polaków (patronat NCBR).
- Wykład zapraszany (18.04.2018) pt. „Telemedyczny system monitorowania pacjentów z chorobami przewlekłymi - od badań podstawowych do badań stosowanych” podczas Ogólnopolskiej Konferencji MedMeetsTech [20].
- Zaproszenie od Dyrektora Narodowego Centrum Nauki do wygłoszenia wykładu w zakresie dobrych praktyk w realizacji projektów B+R oraz osiągnięć kierowanego przeze mnie projektu TANGO podczas Polonez Fellows' Forum w dniach 11 -12.06.2018 (HORIZION 2020 Research and Innovation Program under the Marie Skłodowska-Curie grant agreement no. 665778).
- Powołany w wyniku rozstrzygnięcia ogólnopolskiego konkursu ogłoszonego przez Dyrektora NCBR do opracowania propozycji projektu strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych: „Zaawansowane technologie informacyjne, telekomunikacyjne i mechatroniczne - INFOSTRATEG” w obszarze „Metody informatyczne w medycynie spersonalizowanej, diagnostyce, terapii i chemoinformatyce”.
- Powołanie i pełnienie funkcji eksperta NCBR - recenzowanie projektów B+R finansowanych w ramach POIR, ocena wniosków o dofinansowanie, uczestnictwo w panelach w Warszawie, uczestnictwo w wizytach u Wnioskodawców w imieniu NCBR w latach 2015 – 2018.
- Dwukrotnie zaproszony do pełnienia funkcji przewodniczącego sesji Wearable Technologies na konferencji IEEE Computing in Cardiology (Nice 2015, Rennes 2017).
- Recenzje manuskryptów z czasopism z listy JCR np. IEEE Transactions of Biomedical Engineering, IEEE Transactions of Information Technology in Biomedicine, Computer

Methods and Programs in Biomedicine (Elsevier), Sensors (MDPI), Measurement Science Review, Biomedical Signal Processing and Control, Biocybernetics and Biomedical Engineering.

- Członek eksperckiego Komitetu Interesariuszy NCBR [21], w ramach którego opiniowałem przedłożone dokumenty, opracowywałem rekomendacje i propozycje usprawnień dotyczących ustawowych zadań realizowanych przez NCBR oraz wdrażania Programów Operacyjnych od 2013 roku.
- Powołany na zaproszenie Dyrektora NCN do konsultacji w charakterze eksperta założeń do tzw. projektów norweskich (2-3.2018).
- Powołany w wyniku rozstrzygnięcia ogólnopolskiego konkursu ogłoszonego przez Dyrektora NCBR do Zespołu Ekspertów ds. ewaluacji *ex ante*. Zespół pełni rolę doradczą w zakresie ewaluacji *ex ante* założeń nowo uruchamianych programów, projektów, wspólnych przedsięwzięć, których inicjatorem lub stroną jest Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (od 3.2018 - nadal).

6. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Tematyka mojej pracy naukowej to zastosowanie nowoczesnych technologii ICT (*ang. information and communication technology*) w medycynie w celu poprawy jakości życia oraz rozwiązania jednego z najważniejszych problemów społecznych jakim jest zapewnienie wysokiej jakości i dostępności wybranych usług medycznych stale rosnącej liczbie osób w obliczu starzejącego się społeczeństwa Polski oraz Unii Europejskiej. W szczególności dotyczy badania zastosowania nowoczesnych ubieralnych sensorów komunikujących się w sposób bezprzewodowy na potrzeby budowania efektywnych kosztowo elektronicznych usług medycznych, jako wsparcie lub alternatywę do wybranych tradycyjnych usług medycznych. Szczególnie stawiam czoła wyzwaniom związanym z zapewnieniem opieki i poczucia bezpieczeństwa osobom starszym z użyciem technologii telemedycznych. Przedstawiona tematyka badawcza wpisuje się w krajowe priorytetowe kierunki badań naukowych i prac rozwojowych oraz w cele programu badawczego Unii Europejskiej HORYZONT 2020.

Hipoteza badawcza odnośnie wsparcia monitorowania człowieka z wykorzystaniem telemedycznego systemu monitoringu człowieka, początkowo sceptyczna wśród personelu medycznego, obecnie znajduje akceptację coraz większego grona lekarzy i daje szansę na zwiększenie jakości świadczonych usług medycznych. Potwierdzeniem tego faktu jest wybranie mnie przez organizatorów - Fundację IMPACT, jako eksperta w zakresie telemedycyny do 15-osobowego roundtable poświęconego „Rozwojowi telemedycyny w Polsce” (spotkania wspólnie m.in. z przedstawicielami Ministerstwa Zdrowia oraz

z przedstawicielami producentów innowacyjnej aparatury medycznej), podczas konferencji IMPACT CEE w Krakowie, jak również opublikowanie artykułu pt. „Aparatura medyczna nowej generacji: wyzwania związane z telemedycyną” w Ogólnopolskim Przeglądzie Medycznym (załącznik 3. Część: II E. pkt. 1), w którym omówiłem wyniki przeprowadzonych przeze mnie analiz i zidentyfikowałem obszar wykorzystania urządzeń ubieralnych do wspomagania profilaktyki zdrowotnej oraz monitorowania stanu zdrowia – szczególnie w kontekście wsparcia świadczenia nowoczesnych usług telemedycznych. Informacje o artykule znalazły się na pierwszej stronie czasopisma, a istotność poruszanych problemów badawczych i wyzwań została potwierdzona przez przedstawicieli środowiska medycznego w postaci suplementu do artykułu.

W swoich pracach badawczych zajmuję się także opracowywaniem rozwiązań wspierających funkcjonowanie osób niepełnosprawnych. Opracowałem metodę umożliwiającą osobom niewidzącym rozpoznanie wzorca obrazu binarnego. W wyniku badań opracowałem akustyczny interfejs w postaci urządzenia oraz oprogramowania do prezentacji obrazów binarnych dostosowany do potrzeb osób niewidzących (załącznik 3. Część: II E. pkt. 2).

Jestem współautorem monografii pt. „Systemy techniczne formujące inteligentne otoczenie osoby niepełnosprawnej” wydanej przez Akademicką Oficynę Wydawniczą EXIT w Warszawie, w której poruszona została problematyka nadzoru w szczególności osób niepełnosprawnych oraz technicznych systemów wspierających ich funkcjonowanie. Monografia zawiera szeroki przegląd rozwiązań literaturowych oraz opisy rozwiązań opracowanych przez jej autorów (załącznik 3. Część: II E. pkt. 3).

Zainicjowałem projekt opracowania elektrod ubieralnych na potrzeby systemów telemedycznych, wykorzystujących nanomateriały we współpracy z firmą Smart Nanotechnologies Sp. z o. o. Opracowana koncepcja rozwiązania została nagrodzona III miejscem podczas Kato Startup City II (22.06.2017) w Katowicach.

Wsparcie ze strony centrum B+R firmy Nordic Semiconductor Poland Sp z.o.o zaowocowało badaniami nad wykorzystaniem układu do bezprzewodowej transmisji sygnałów z użyciem Bluetooth Heart Rate Profile oraz układów nRF52832. Opracowanie rozwiązania posłużyło do utworzenia laboratorium w ramach przedmiotu Podstawy Telemedycyny, dając szansę studentom i doktorantom na zapoznanie się

z najnowocześniejszymi światowymi rozwiązaniami w obszarze bezprzewodowej transmisji danych dedykowanej dla sieciowych urządzeń medycznych (*ang. connected medical device*).

W projekcie pt. „Wykorzystanie nowoczesnych technologii telemedycznych w innowacyjnym programie optymalnej rehabilitacji kardiologicznej u chorych po rewaskularyzacji mięśnia sercowego RESTORE”, finansowanym przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w Programie „Profilaktyka i leczenie chorób cywilizacyjnych” STRATEGMED opracowałem projekt architektury sieci, metodykę komunikacji oraz dokonałem weryfikacji przydatności do zastosowania w systemie rehabilitacji kardiologicznej. Przeprowadzono wariantową analizę kilku interfejsów komunikacji bezprzewodowej w tym ZigBee, Wi-Fi oraz Bluetooth oraz przeanalizowałem ich słabe i mocne strony w założonym zastosowaniu.

W ramach współpracy z lekarzem z Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie opracowałem zgłoszenie patentowe nr P.423392 pt. „Sposób i urządzenie do pomiaru i sygnalizacji wartości biosygnalów”, które zostało dostosowane do potrzeb pacjentów geriatrycznych. Głównymi zaletami urządzenia to przyspieszenie codziennych rutynowych badań wykonywanych na oddziale, co ułatwia opiekę nad chorymi i minimalizuje ryzyko błędu w przypadku dużej liczby chorych. Rozwiązanie jest chronione wzorem przemysłowym na terenie Unii Europejskiej.

W ramach kierowanego przeze mnie projektu TANGO dokonałem analizy wymagań, funkcjonalności i barier w zakresie projektowania i rozwoju systemów telemedycznych wykorzystujących czujniki nosobne w oparciu o badania z użyciem ankiet papierowych oraz elektronicznych w różnych grupach wiekowych, w tym u osób powyżej 65 roku życia. Badania były prowadzone w okresie od 08.2016 do 07.2017 roku na grupie 146 dorosłych badanych (średni wiek = 45 ± 20.9 lat) z całej Polski. Kwestionariusz składał się z 37 otwartych, pół otwartych lub zamkniętych pytań. Uzyskano oryginalne i interesujące wyniki, które pokazały, np. że chociaż 50.7% badanych zadeklarowało rozumienie usług telemedycznych tylko 10.3% potrafiło podać ich poprawne wyjaśnienie. Większość badanych (65.8%) wskazała na funkcjonalność, polegającą na automatycznym wykrywaniu sytuacji niebezpiecznych, jako najbardziej pożądaną. Ponadto, zdecydowana większość badanych (95.2%) przyznała, że nigdy wcześniej nie korzystała z usług telemedycznych. Wyniki ankiet zostały wykorzystane do zaprojektowania rozwiązań opisanych w osiągnięciu naukowym, a także przyczyniły się do zaproponowania rekomendacji odnośnie rozwoju technologii telemedycznych zakomunikowanych podczas konferencji naukowych i wykonanych analiz na zlecenie NCBR.

Aktywnie uczestniczyłem w 21 międzynarodowych konferencjach naukowych prezentując swoje wyniki badań w postaci posterów oraz wystąpień. Do najważniejszych wystąpień mogę zaliczyć: 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (2014), 5th European International Federation for Medical and Biological Engineering Conference, IEEE Computing in Cardiology (2012, 2015, 2017), 12th International Conference on Complexity in Acute Illness (ICCAI) (2013), 11th International Conference on Human System Interaction (HSI) (2018), Conference on Innovations in Biomedical Engineering (2018), International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing (2017). Zostałem zaproszony przez organizatorów do pełnienia funkcji przewodniczącego sesji tematycznej pt. "Wearable Technologies" podczas Konferencji IEEE Computing in Cardiology w 2015 i 2017 roku. Pełniłem także rolę przewodniczącego sesji posterowej podczas 20-th Polish Conference on Biocybernetics and Biomedical Engineering. W 2018 roku zostałem zakwalifikowany do udziału w Międzynarodowej Szkole Letniej na temat Deep Learningu (International Summer School on Deep Learning ISSonDL) [22]. Byłem także członkiem komitetu organizacyjnego 6 konferencji naukowych. Do najważniejszych osiągnięć zaliczam organizację międzynarodowego kongresu IEEE Computing in Cardiology w 2012 roku [23] oraz konferencji 20-th Polish Conference on Biocybernetics and Biomedical Engineering w 2018 roku [24], podczas których byłem odpowiedzialny za strategiczne zadania oraz opracowanie i redakcję witryn konferencji. Ogółem w kongresie „IEEE Computing in Cardiology” uczestniczyło 322 uczonych (lekarzy, badaczy i inżynierów) z 44 krajów świata. Kongres okazał się olbrzymim sukcesem i przyczynił się do nawiązania licznych kontaktów z uczonymi z wiodących ośrodków naukowych na całym świecie.

Wyniki moich badań oraz działalność naukowa zostały docenione przez krajowe i międzynarodowe Jury konkursowe przyznając mi następujące nagrody za działalność naukową:

- Dyplom Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego, 2018, Minister Nauki i Szkolnictwa Wyższego, 20.06.2018, Warszawa.
- Srebrny Medal za wynalazek, Geneva inventions, Salon international des inventions Genève, 13.04.2018, Genewa, Szwajcaria.

- The Best European Innovation Award for the Invention, 2017, Kaohsiung International Invention & Design EXPO, KIDE 2017, World Invention Intellectual Property Associations, 8th-10th December 2017, Kaohsiung, Tajwan.
- Złoty Medal - GOLD MEDAL, 2017, Kaohsiung International Invention & Design EXPO, KIDE 2017, World Invention Intellectual Property Associations, 8th-10th December 2017, Kaohsiung, Tajwan.
- Special Honour of Invention in recognition of the invention, 2017, Kaohsiung International Invention & Design EXPO, KIDE 2017, International Invention Innovation Competition in Canada; Toronto International Society of Innovation & Advanced Skills, 8th-10th December 2017, Kaohsiung, Tajwan.
- Złoty Medal- GOLD MEDAL for the invention, 2016, the 41th International Invention Show Inova, Inova Budi Uzor, Croatian Association of Inventors, 12.11.2016 Zagreb, Chorwacja.
- Laureat programu MNiSW TOP500 INNOVATORS (1 – edycja).
- Laureat programu Narodowego Centrum Badań i Rozwoju – Science Infrastructure Management Support (SIMS – 1 edycja) (2013).
- Laureat programu FastTrack Technology Ventures Kauffman Foundation Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej (2013).
- Laureat programu SKILLS Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej (2015).
- Zostałem powołany do Komitetu Interesariuszy Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w 2015 roku.
- Stypendium Małopolskiej Fundacji Stypendialnej „*Sapere Auso*”, Marszałek Województwa Małopolskiego - nagroda za szczególne osiągnięcia naukowe w roku akademickim (stypendium uzyskane dwukrotnie w 2008 i 2009 roku).
- III miejsce, 2004, V Ogólnopolski Konkurs na doświadczenie pokazowe z fizyki (silnik magneto-hydrodynamiczny) organizowany przez Oddział Krakowski Polskiego Towarzystwa Fizycznego, Kraków.

Od rozpoczęcia pracy na Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie ciągle doskonalę wiedzę i umiejętności w obszarze zarządzania badaniami naukowymi, komercjalizacji wyników badań, współpracy interdyscyplinarnej, ochrony własności intelektualnej oraz transferu technologii, czego potwierdzeniem jest zakwalifikowanie i udział

w następujących projektach, finansowanych ze środków europejskich i przeznaczonych dla naukowców:

- „SPiN – Skuteczny Przedsiębiorca i Naukowiec”, Centrum Transferu Technologii Medycznych Park Technologiczny, 02-08.2012 (uczestnictwo w projekcie, szkoleniach i konsultacjach).
- Kompleksowe szkolenia menadżerskie dla naukowców, „System naczyń połączonych-firma akademicka szansą rozwoju kariery naukowej”, Uniwersytet Jagielloński, Centrum Innowacji, Transferu Technologii i Rozwoju Uniwersytetu (CITTRU), 06.04 – 01.06.2012, „System naczyń połączonych - firma akademicka szansą rozwoju kariery naukowej” (uczestnictwo w projekcie i szkoleniach).
- Projekt SKILLS, Fundacja na rzecz Nauki Polskiej (2013 – 2015).
- Projekt Science Infrastructure Management Support Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (2014 – 2015).
- FastTrack Technology Ventures Kauffman Foundation Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej (2013).
- Zostałem zaklasyfikowany do udziału w spotkaniu w Brukseli w celu nawiązania współpracy badawczej ramach Horizon 2020 - Societal Challenge 6 [25].

W ramach programu Fundacja na rzecz Nauki Polskiej SKILLS odbyłem następujące szkolenia:

- Zarządzanie zespołem naukowym, Kraków, 02.2013.
- Współpraca interdyscyplinarna naukowców, Warszawa, 04.2014.
- Komercjalizacja wyników prac badawczych, Warszawa, 05.2014.
- Prezentacja wyników badań naukowych, Warszawa, 06.2014.
- Autoprezentacja i sztuka wystąpień publicznych, Warszawa, 12.2015.

W ramach programu Narodowego Centrum Badań i Rozwoju Science Infrastructure Management Support odbyłem następujące szkolenia:

- Project Management- Profesjonalne zarządzanie projektami badawczymi i infrastrukturalnymi, Warszawa, 02.2015.
- Prawo dla naukowców, Warszawa, 03.2015.
- Finanse - zarządzanie finansami oraz badaniami w sposób umożliwiający utrzymanie i rozwój infrastruktury badawczej, Warszawa, 03.2015.
- Model Core Facility w zarządzaniu infrastrukturą badawczą, Warszawa, 02.2015.

- Strategia- budowanie strategii zespołu badawczego i samych badań, Warszawa, 02.2015.

W wyniku wykonanych działań oraz osiągnięć w obszarze wynalazczości i komercjalizacji profil opracowanej przeze mnie technologii został umieszczony w ofercie Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie dając nadzieję na komercjalizację. Zostałem także laureatem programu Inkubator Innowacyjności + realizowanego przez Centrum Transferu Technologii AGH.

Od 2009 roku biorę aktywny udział w grantach badawczych. W latach 2009- 2012 byłem wykonawcą w projekcie badawczym nr N518 426736, zatytułowanym: „Badanie multimodalnych pomiarów wybranych parametrów biologicznych człowieka i ich ocena w zastosowaniu do wyposażenia mieszkania osoby niepełnosprawnej”. Od 2010 roku jestem wykonawcą w badaniach statutowych Katedry. Byłem kierownikiem 5 grantów dziekańskich dla młodych naukowców, z którego jeden został wyróżniony przez wydziałową komisję ds. oceny projektów badawczych. W latach 2012 – 2014 byłem kierownikiem grantu PRELUDIUM dla młodych naukowców nr 2011/01/N/ST7/06779, finansowanego przez Narodowe Centrum Nauki. W latach 2015 – 2017 byłem kierownikiem grantu pt. „Wykorzystanie sensorów ubieralnych do świadczenia usług telemedycznych”, finansowanego w ramach konkursu TANGO 1 przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju. Na potrzeby projektu powołana została grupa badawcza AGH WEARABLES, której zadaniem jest wykorzystanie czujników nosobnych w medycynie. W ramach projektu utworzyłem interdyscyplinarny zespół, składający się ze studentów, doktorantów i lekarzy. Współpracowałem z lekarzem z Katedry Chorób Wewnętrznych i Gerontologii, Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie (konsultacje opracowywanych rozwiązań, odniesienie do potrzeb pacjenta geriatrycznego, analiza ryzyka, konsultacje aspektów medycznych), naukowcami z Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki AGH oraz Instytutu Informatyki i Matematyki Komputerowej Uniwersytetu Jagiellońskiego. W ramach prowadzonej działalności aktywnie uczestniczyłem w działaniach zmierzających do pozyskania partnera biznesowego do współpracy, co zaowocowało otrzymaniem pięciu listów intencyjnych od przedsiębiorców zainteresowanych dalszym rozwojem technologii (w tym producenta aparatury medycznej). W ramach projektu TANGO współpracowałem z Biotech Innovation (Międzynarodowy Instytut Biologii Molekularnej i Komórkowej w Warszawie). Wyniki fazy K projektu TANGO zostały w 2017 roku wysoko ocenione przez ekspertów NCBR i uzyskały rekomendację do dalszego finansowania. Zostałem także zaproszony przez

Dyrektora NCN do wygłoszenia prezentacji w języku angielskim odnośnie doświadczeń i metodyki realizacji projektu ukierunkowanego na współpracę z przemysłem i komercjalizację wyników badań podczas POLONEZ Fellows' Forum w dniach 11-12 czerwca 2018 w Krakowie. W latach 2017 – 2018 byłem wykonawcą zadania w projekcie pt. „Wykorzystanie nowoczesnych technologii telemedycznych w innowacyjnym programie optymalnej rehabilitacji kardiologicznej u chorych po rewaskularyzacji mięśnia sercowego RESTORE”, finansowanym przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w Programie „Profilaktyka i leczenie chorób cywilizacyjnych” STRATEGMED.

Uzyskane wyniki badań były podstawą do opracowania zgłoszeń patentowych i wzorów przemysłowych, które zostały wystawione na międzynarodowych i krajowych wystawach lub targach wynalazków:

- International Invention and Innovation Show Intarg, Katowice, 06.2018.
- Salon International Des Inventions Genève, Genève, Szwajcaria, 13.04.2018.
- Kaohsiung International Invention & Design EXPO, KIDE 2017, Kaohsiung, Taiwan, 08-10.12.2017.
- 42th International Invention Show, Osijek, Croatia, 09-10.11.2017.
- 41th International Invention Show Inova, Zagreb, Croatia, 12.11.2016.
- D-nest International Inventors Exhibition, Pala Expo, Venice, Włochy, 2016.
- Prezentacja technologii w formie wystawcy obok prestiżowych firm jak ITAM, WASKO S.A., czy Fundacja Rozwoju Kardiochirurgii podczas Międzynarodowych Targów Innowacyjnych Technologii w Gliwicach, organizowanych przez Górnośląską Agencję Przedsiębiorczości i Rozwoju oraz Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (2016).

W 2018 roku zostałem zaproszony do pełnienia funkcji gościnnego edytora wydania specjalnego czasopisma Occupational Therapy International (JCR, IF= 0.864).

Podjęmę działania zmierzające do nawiązania współpracy z innymi naukowcami poprzez działalność w organizacjach naukowych. Od 2011 roku jestem członkiem Stowarzyszenia TOP 500 Innovators, w którym w latach 2011-2012 byłem V-ce Przewodniczącym Komisji Rewizyjnej, w 2014 zostałem powołany do Rady Stowarzyszenia TOP 500, a od 2015 zostałem powołany do Ekspertów Stowarzyszenia. Od 2011 roku jestem członkiem Polskiego Stowarzyszenia Sztucznej Inteligencji. Natomiast, od 2014 roku jestem członkiem Stowarzyszenia SIMS w ramach którego działałem w obszarze zniesienia barier w dostępie

do infrastruktury badawczej. Ponadto, w latach 2012 – 2015 byłem członkiem IEEE oraz Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS).

7. Osiągnięcia dydaktyczne, w zakresie popularyzacji nauki oraz opieki nad studentami i doktorantami

Podczas pracy na stanowisku asystenta, a następnie adiunkta przygotowywałem i prowadziłem zajęcia z przedmiotów: *Formalne podstawy informatyki* dla I roku studiów na kierunku Inżynieria Biomedyczna, *Programowanie komputerów* dla II roku studiów na kierunku Inżynieria Biomedyczna, *Języki programowania* dla III roku studiów na kierunku Inżynieria Biomedyczna, *Programowanie obiektowe* dla III roku studiów na kierunku Inżynieria Biomedyczna, *Podstawy telemedycyny* dla I roku studiów 2 stopnia na kierunku Inżynieria Biomedyczna oraz Informatyka Stosowana. Do znaczącego dorobku dydaktycznego zaliczam przygotowanie wykładów do 2 przedmiotów: *Programowanie Obiektowe* (28h/semestr) oraz *Podstawy Programowania Obiektowego* (28h/semestr), które prowadzę od 2014 roku. Przygotowałem także unikatowe laboratoria z przedmiotu *Podstawy Telemedycyny* w oparciu o wyniki prowadzonych przeze mnie prac badawczych i zakupionego sprzętu. Podczas prowadzonych zajęć wykorzystuję metody poznane podczas staży zagranicznych oraz licznych szkoleń m.in. Design Thinking poznaną na Uniwersytecie Stanforda. Opracowałem witryny internetowe do dwóch książek pt. „Elektrokardiografia dla Informatyka Praktyka” [26] oraz „Elektroniczna aparatura medyczna” autorstwa prof. Piotra Augustyniaka [27].

Moje osiągnięcia dydaktyczne stały się podstawą do uzyskania dwukrotnie nagrody JM Rektora AGH za zespołowe osiągnięcia dydaktyczne. Do istotnych osiągnięć dydaktycznych zaliczam także skrypt akademicki pt. „Wprowadzenie do modelowania systemów biologicznych oraz ich symulacji w środowisku MATLAB”, którego jestem współautorem. Uczestniczyłem w przygotowaniu podręcznika „Inżynieria Biomedyczna” pod redakcją naukową prof. dr hab. inż. Ryszarda Tadeusiewicza, który ukazał się nakładem Wydawnictw Naukowo-Dydaktycznych AGH, przeznaczonego dla kandydatów i studentów pierwszego roku na kierunku Inżynieria Biomedyczna. Jestem autorem rozdziału pt. „Endoprotezy” oraz autorem i redaktorem strony poświęconej temu podręcznikowi [28]. Książka otrzymała Nagrodę Stowarzyszenia Wydawców Szkół Wyższych i statuetkę Gaudeamus za najlepszy podręcznik i skrypt akademicki. Jestem także współautorem 4 rozdziałów: „Nowoczesne

implanty – endoprotezy”, „Telemedycyna – nauka przydatna dziś, niezbędna jutro”, „Wstępny przegląd problematyki komputerowego przetwarzania i analizy obrazów w systemach diagnostyki medycznej”, „Komputer pomocą dla osób niepełnosprawnych”, „Biomateriały – biogodne materiały dla medycyny” w dwutomowym podręczniku akademickim zatytułowanym „Podstawy Inżynierii Biomedycznej” pod redakcją naukową prof. dr hab. inż. Ryszarda Tadeusiewicza oraz prof. dr. hab. inż. Piotra Augustyniaka, który ukazał się nakładem Wydawnictw Naukowo-Dydaktycznych AGH. Jestem także autorem i redaktorem strony internetowej mu poświęconej [29].

W czerwcu 2018 roku otrzymałem zaproszenie do bycia współautorem podrozdziałów pt. „Telemedyczne systemy nadzoru zachowania człowieka w środowisku domowym” oraz „Interpretacja zapisów fizjologicznych na rzecz detekcji emocji” w dziewięciotomowej encyklopedii pt. "Inżynieria Biomedyczna. Podstawy i Zastosowania".

Moją pasją jest popularyzacja nauki i wyników badań. Aktywnie uczestniczę w wydarzeniach promujących naukę wśród społeczeństwa. Do znaczących osiągnięć w zakresie popularyzacji nauki zaliczam: przygotowanie pokazów w namiocie Międzywydziałowej Szkoły Inżynierii Biomedycznej oraz Wydziału EAiIB podczas Festiwalu Nauki na Rynku Głównym w Krakowie w latach 2007 – 2014. Byłem współorganizatorem stoiska Międzywydziałowej Szkoły Inżynierii Biomedycznej AGH w Krakowie podczas Dni Otwartych AGH w latach 2008 – 2010. W latach 2010 - 2011 przygotowywałem pokazy w laboratorium aparatury medycznej podczas Małopolskiej Nocy Naukowców. Podczas mojego stażu na Uniwersytecie Stanforda w Stanach Zjednoczonych byłem współautorem bloga naukowego „Z AGH na STANFORD” [30], w którym opisałem dobre praktyki w obszarze pracy i badań naukowych. Blog cieszył się dużym zainteresowaniem i był inspiracją dla naukowców i studentów. W 2016 roku wyniki moich badań naukowych zostały zaprezentowane w namiocie **Polskiej Inżynierii Biomedycznej** podczas Pikniku Naukowego w Warszawie- mój pokaz został wybrany, jako jeden z najciekawszych spośród wszystkich pokazów, dlatego przeprowadzono ze mną wywiad na ogólnopolskiej antenie Polskiego Radia [31]. Od 2017 jestem redaktorem i administratorem witryny popularyzujących naukę w obszarze Inżynierii Biomedycznej: [32].

W 2018 zostałem zaproszony do ogólnopolskiej audycji MANIA NAUKI radia RMF FM, RADIOFONIA, odc. 21 „Czym jest telemedycyna?” [33], w której wyjaśniłem, czym jest telemedycyna.

Prowadzę aktywną działalność na rzecz mojej Alma Mater. Do głównych osiągnięć organizacyjnych należy mój znaczący udział w organizacji dydaktyki, szczególnie na kierunku studiów Inżynieria Biomedyczna od 2010 roku. Byłem administratorem i redaktorem strony Międzywydziałowej Szkoły Inżynierii Biomedycznej. W latach 2010 – 2013 pełniłem funkcję lokalnego administratora systemów informatycznych dla Międzywydziałowej Szkoły Inżynierii Biomedycznej. Kilkakrotnie pełniłem obowiązki w Wydziałowej Komisji Rekrutacyjnej. Od 2017 roku pełnię funkcję administratora i redaktora strony internetowej Katedry Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej AGH [34]. Strona jest także platformą zawierającą informacje popularyzujące Inżynierię Biomedyczną. Jestem opiekunem Laboratorium Biosygnatów oraz AGH WEARABLES. Odpowiadam za administrowanie laboratorium oraz sieci komputerowej. Jestem także administratorem sieci komputerowej i opiekunem laboratorium w Katedrze Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej. Pełnię funkcję Administratora Bezpieczeństwa Informacji w Katedrze Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej AGH.

Byłem promotorem 16 prac magisterskich oraz 15 prac inżynierskich, z czego 3 prace zostały wyróżnione, a jedna uzyskała tytuł najlepszej pracy inżynierskiej z zakresu Inżynierii Biomedycznej. Autorzy wyróżnionej pracy - Dominik Grochala i Marcin Kajor dołączyli do utworzonego przeze mnie zespołu badawczego AGH Wearables utworzonego na potrzeby kierowanego przeze mnie projektu i obecnie przygotowują się do otwarcia przewodów doktorskich, w których będę pełnił funkcję promotora pomocniczego. W 2018 roku do naszego zespołu badawczego dołączył mój kolejny dyplomant- Jan Białkowski. Moje zaangażowanie i dążenie do doskonałości w obszarze dydaktyki i opieki nad studentami, a także stosowanie innowacyjnych metod nauczania (np. Design Thinking) nagrodzili studenci. Wykonałem 44 recenzje prac dyplomowych. W roku akademickim 2015/2016 zostałem zakwalifikowany do grupy 10% najwyżej ocenianych nauczycieli akademickich.

Na prośbę studentów byłem członkiem Jury konkursowego BAIT Turniej Robotów oraz Hackatonu, organizowanego przez Stowarzyszenie Studentów BEST AGH Kraków. Do istotnych osiągnięć związanych z opieką nad studentami zaliczam także wyjazd z 25 studentami z zespołu AGH Racing w charakterze jednego z dwóch opiekunów na międzynarodowe zawody Formula Student na Węgry oraz do Hiszpanii w 2015 roku w ramach projektu Generacja Przyszłości finansowanego przez MNiSW.

Doskonałę swoje umiejętności także w zakresie mentoringu poprzez uczestnictwo w szkoleniach np. uczestniczyłem w specjalistycznych szkoleniach dla mentorów

pt. „Doskonalenie warsztatu mentorskiego” (Collegium Wratislaviense). Od lutego 2018 roku mentoruję doktoranta Leszka Frasia w ramach programu TOP MINDS [35]. W 2018 roku zostałem zgłoszony przez AGH do projektu Mistrzowie Dydaktyki.

Dotychczasowe osiągnięcia naukowe nie tylko przyczyniły się do pozyskania nowej wiedzy w dziedzinie telemedycyny, ale także wykazały możliwość zwiększenia poczucia bezpieczeństwa dla osób starszych z wielochorobowością, wielolekowością, niepełnosprawnych, osób zinstytucjonalizowanych i mieszkających samotnie. Zwróciły uwagę także lekarzy, naukowców i pacjentów, dając szansę na przyspieszenie rozwoju i upowszechnienia usług telemedycznych w Polsce.

8. Podsumowanie

Wymiernym wynikiem mojej działalności naukowej po uzyskaniu stopnia doktora są publikacje naukowe w czasopismach z listy A (7 publikacji po doktoracie, w tym jedna jednoautorska), w czasopismach z listy B (1), monografii (1), rozdziału w zagranicznej książce (1) oraz materiałach w krajowych i zagranicznych konferencjach naukowych (12). Jestem także współautorem dwóch zgłoszeń patentowych, dwóch wspólnotowych wzorów przemysłowych oraz profilu technologii w ofercie CTT AGH. Liczba cytowań publikacji według bazy Web of Science wynosi 88 (72 bez autocytowań), natomiast 155 według bazy Scopus, 188 według bazy Google Scholar. Indeks Hirscha według bazy Web of Science wynosi - 5, według Scopus - 7, a według Google Scholar - 8. Znaczącym osiągnięciem jest także pozyskanie i kierowanie grantem finansowanym ze środków zewnętrznych oraz utworzenie unikatowego zespołu badawczego, składającego się z trzech doktorantów i sprawowanie nad nimi opieki. Moja działalność naukowa została doceniona i zaowocowała 5 wykładami zapraszanyymi oraz zaproszenia mnie do prac w prestiżowych gremiach eksperckich na rzecz sektora badawczo – rozwojowego.

9. Bibliografia

1. Główny Urząd Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej. Dostęp online: <http://stat.gov.pl/> (Data dostępu: 5.05.2018).
2. Global Markets for Telemedicine Technologies. Dostęp online: <https://www.bccresearch.com/market-research/healthcare/telemedicine-technologies-report-hlc014g.html> (Data dostępu: 5.05.2018).
3. Emmert-Streib, F. (2012). Personalized medicine: Has it started yet? A reconstruction of the early history. *Frontiers in Genetics*, 3, 313. <http://doi.org/10.3389/fgene.2012.00313>
4. Centers for Disease Control and Prevention. Dostęp online: <https://www.cdc.gov/heartdisease/>. (Data dostępu: 26.07.2018).
5. European Heart Network. European Cardiovascular Disease Statistics 2017. Dostęp online: <http://www.ehnheart.org/cvd-statistics.html>. (Data dostępu: 26.07.2018).
6. Yazdanyar, A., & Newman, A. B. (2009). The Burden of Cardiovascular Disease in the Elderly: Morbidity, Mortality, and Costs. *Clinics in Geriatric Medicine*, 25(4), 563–vii. <http://doi.org/10.1016/j.cger.2009.07.007>
7. Kańtoch, A., Gryglewska, B., Wójkowska-Mach, J., Heczko, P., Grodzicki, T. (2018). Treatment of Cardiovascular Diseases Among Elderly Residents of Long-term Care Facilities. *Journal of the American Medical Directors Association*, 2018: Vol. 19, No. 5, pp. 428-432, p-ISSN: 1525-8610.
8. World Health Organization. Cardiovascular diseases. Dostęp online: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/en/>. (Data dostępu: 26.07.2018).
9. Williams, B., Mancia, G., Spiering, W., Rosei, E.A., Azizi, M., Burnier, M., et al. (2018). ESC Scientific Document Group; 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension, *European Heart Journal*, Volume 39, Issue 33, 1 September 2018, Pages 3021–3104, <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy339>. (Data dostępu: 01.09.2018).
10. Piepoli, M.F.; Hoes, A.W.; Agewall, S.; Albus, C.; Brotons, C.; Catapano, A.L.; Cooney, M.-T.; Corrà, U.; Cosyns, B.; Deaton, C. Guidelines: Editor's choice: 2016 European

guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: The sixth joint task force of the european society of cardiology and other societies on cardiovascular disease prevention in clinical practice (constituted by representatives of 10 societies and by invited experts) developed with the special contribution of the european association for cardiovascular prevention & rehabilitation (EACPR). *Eur. Heart J.* 2016, 37, 2315–2381.

11. McPhee, J. S., French, D. P., Jackson, D., Nazroo, J., Pendleton, N., & Degens, H. (2016). Physical activity in older age: perspectives for healthy ageing and frailty. *Biogerontology*, 17, 567–580. <http://doi.org/10.1007/s10522-016-9641-0>
12. González, K., Fuentes, J., & Márquez, J. L. (2017). Physical Inactivity, Sedentary Behavior and Chronic Diseases. *Korean Journal of Family Medicine*, 38(3), 111–115. <http://doi.org/10.4082/kjfm.2017.38.3.111>
13. Celis-Morales, C. A., Perez-Bravo, F., Ibanez, L., Salas, C., Bailey, M. E., & Gill, J. M. (2012). Objective vs. self-reported physical activity and sedentary time: effects of measurement method on relationships with risk biomarkers. *PloS one*, 7(5), e36345.
14. Harvey, J. A., Chastin, S. F. M., & Skelton, D. A. (2013). Prevalence of Sedentary Behavior in Older Adults: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 10(12), 6645–6661. <http://doi.org/10.3390/ijerph10126645>
15. The National Institute for Health and Care Excellence. Cardiovascular Disease Prevention. Dostęp online: <https://www.nice.org.uk/guidance/PH25> (Data dostępu: 05.05.2018).
16. Sasai, H. (2017). Assessing sedentary behaviour using wearable devices: An overview and future directions. *J. Phys. Fit. Sports Med.* 2017, 6, 135–143.
17. Koster, A., Shiroma, E. J., Caserotti, P., Matthews, C. E., Chen, K. Y., Glynn, N. W., & Harris, T. B. (2016). Comparison of sedentary estimates between activPAL and hip- and wrist-worn ActiGraph. *Medicine and science in sports and exercise*, 48(8), 1514.
18. Guralnik, J.M., Ferrucci, L., Simonsick, E.M., Salive, M.E., Wallace, R.B. (1995). Lower-extremity function in persons over the age of 70 years as a predictor of subsequent disability. *N Engl J Med.* 1995;332(9):556–562.

19. Guralnik, J.M., Ferrucci, L., Pieper, C.F., Leveille, S.G., Markides, K.S., Ostir, G.V., et al. (2000). Lower extremity function and subsequent disability: consistency across studies, predictive models, and value of gait speed alone compared with the short physical performance battery. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2000;55(4):M221–M231.
20. MedMeetsTech. Dostęp online: <http://www.medmeetstech.com/> (Data dostępu: 05.05.2018).
21. Komitet Interesariuszy. Dostęp online: <http://www.ncbr.gov.pl/o-centrum/interesariusze-centrum/komitet-interesariuszy/> (Data dostępu: 05.05.2018).
22. 11th International Conference on Human System Interaction. Dostęp online: <http://hsi2018.welcometohsi.org> (Data dostępu: 05.05.2018).
23. Kongres IEEE Computing in Cardiology- CINC. Dostęp online: <http://www.cinc.org> (Data dostępu: 05.05.2018).
24. 20-th Polish Conference on Biocybernetics and Biomedical Engineering. Dostęp online: <http://www.pcbbe.agh.edu.pl> (Data dostępu: 05.05.2018).
25. B2MATCH. Dostęp online: <https://www.b2match.eu/SC6-INT-2015/participants/237> (Data dostępu: 05.05.2018).
26. Elektrokardiografia dla informatyka praktyka. Dostęp online: <http://www.edi.agh.edu.pl/start/> (Data dostępu: 05.05.2018).
27. Elektroniczna aparatura medyczna. Dostęp online: <http://galaxy.uci.agh.edu.pl/~eam/start/> (Data dostępu: 05.05.2018).
28. Inżynieria biomedyczna. Dostęp online: <http://www.inbioks.agh.edu.pl> (Data dostępu: 05.05.2018).
29. „Podstawy Inżynierii Biomedycznej”. Dostęp online: <http://www.pinbio.agh.edu.pl> (Data dostępu: 05.05.2018).
30. Z AGH na Stanford. Blog. Dostęp online: <http://zagnastanford.blogspot.com/> (Data dostępu: 05.05.2018).
31. Polskie Radio. Audycja 20 lat Pikniku Naukowego- Nauka nie jest nudna. Dostęp online: <http://www.polskieradio.pl/7/5071/Artykul/1616767,20-lat-Pikniku-Naukowego-Nauka-nie-jest-nudna> (Data dostępu: 05.05.2018).

32. Inżynieria Biomedyczna. Dostęp online: <http://www.inzynieria-biomedyczna.com.pl>] (Data dostępu: 05.05.2018).
33. Mania Nauki. Dostęp online: <http://manianauki.pl/2018/03/12/odcinek-21-eliaszkantoch/> (Data dostępu: 05.05.2018).
34. Strona Katedry Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej. Dostęp online: <http://www.kbib.agh.edu.pl> (Data dostępu: 05.05.2018).
35. Top Minds. Dostęp online: <http://topminds.pl/> (Data dostępu: 05.05.2018).

E. Kantoch