

# XVII Konferencja Naukowo-Techniczna

# TKI2024

## TECHNIKI KOMPUTEROWE W INŻYNIERII

15-18 października 2024

### Projekt systemu wspomagającego proces rehabilitacji „ReVitalize”

Jakub Karwacki<sup>1</sup>, Kacper Zajdel<sup>1</sup>, Michał Stankiewicz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Koło Naukowe Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej, Wojskowa Akademia Techniczna

<sup>2</sup>Wydział Inżynierii Mechanicznej, Instytut Mechaniki i Inżynierii Obliczeniowej, Wojskowa Akademia Techniczna  
email: jakub.karwacki@student.wat.edu.pl, kacper.zajdel@student.wat.edu.pl, michal.stankiewicz@wat.edu.pl

**STRESZCZENIE:** W pracy opisano badania mające na celu zidentyfikowanie i opisanie problemów oraz możliwych usprawnień w procesie rehabilitacji, a także przedstawiono projekt systemu „ReVitalize” wspierającego ten proces. W ramach badań przeprowadzono rozmowy z rehabilitantką, analizę opinii pacjentów, przegląd dostępnych technologii oraz ocenę aktualnych metod rehabilitacji. Wyniki wskazały, że proces rehabilitacji jest uznawany za długi i monotony, czas oczekiwania na wizytę do rehabilitanta stale się wydłuża, a same wizyty są powtarzalne. W odpowiedzi na potrzeby pacjentów i rehabilitantów opracowano system, który dzięki zestawowi czujników analizujących ruch automatyzuje proces rehabilitacji i umożliwia przeprowadzanie znacznej części terapii w domu, bez konieczności częstych wizyt w placówce rehabilitacyjnej. Mimo samodzielnego charakteru ćwiczeń system pozwala pacjentowi pozostać pod stałym nadzorem rehabilitanta oraz oferuje on wsparcie w postaci autonomicznych komunikatów głosowych lub interaktywnych gier, co sprzyja dokładności oraz regularności wykonywania ćwiczeń. Projekt obejmuje również specjalistyczne środowisko oraz zestaw modułowych akcesoriów zintegrowanych z czujnikami. System ma na celu poprawę zaangażowania i dokładności wykonywanych ćwiczeń, skrócenie czasu rekonwalescencji oraz zwiększenie dostępności miejsc u rehabilitantów w odpowiedzi na ich rosnące zapotrzebowanie.

**SŁOWA KLUCZOWE:** Rehabilitacja, Biofeedback, Automatyzacja, Usprawnienie, Modułowość

#### 1. Problemy i usprawnienia okiem rehabilitanta

Rehabilitanci odgrywają kluczową rolę w procesie przywracania pacjentom sprawności fizycznej, ale ich praca wiąże się z licznymi wyzwaniami. Duże obciążenie pracą sprawia, że rehabilitanci często muszą dzielić czas między wielu pacjentów, co ogranicza możliwość indywidualnego podejścia i dokładnego monitorowania postępów.

Powtarzalność wizyt prowadzi do rutyny, która może obniżać motywację zarówno pacjentów, jak i rehabilitantów. Sesje rehabilitacyjne często składają się z tych samych ćwiczeń, co może zmniejszać zaangażowanie.

Czasochłonność nadzoru to kolejny problem, gdyż monitorowanie postępów, dokumentowanie terapii oraz dostosowywanie planów wymaga dużo czasu i jest podatne na błędy. Dodatkowo, ograniczona liczba miejsc sprawia, że pacjenci muszą długo czekać na wizytę, co opóźnia rozpoczęcie terapii.

Aby rozwiązać te problemy, konieczne jest wprowadzenie automatyzacji procesu rehabilitacji z wykorzystaniem technologii, takich jak czujniki ruchu i systemy biofeedbacku, co zwiększy efektywność terapii. Zdalny nadzór umożliwi rehabilitantom monitorowanie pacjentów w domu, co skróci czas oczekiwania na wizytę i zwiększy dostępność usług. Wprowadzenie interaktywnych gier ruchowych i modułowych akcesoriów urozmaici terapię i zwiększy zaangażowanie pacjentów, a lepsze zarządzanie danymi pozwoli na szybsze dostosowywanie planów rehabilitacyjnych.

#### 2. Problemy i usprawnienia okiem pacjenta

Z perspektywy pacjentów proces rehabilitacji często wiąże się z wieloma trudnościami, które mogą wpływać na ich zaangażowanie i skuteczność terapii. Jednym z głównych problemów jest długotrwałość i monotonia terapii. Często pacjenci muszą wykonywać te same ćwiczenia przez dłuższy czas, co może prowadzić do znużenia i spadku motywacji, a w konsekwencji do niesystematycznego wykonywania zaleceń rehabilitacyjnych.

Trudności z dostępnością usług to kolejny istotny problem. Długi czas oczekiwania na wizytę u rehabilitanta może opóźnić rozpoczęcie terapii, co negatywnie wpływa na proces leczenia. Dodatkowo, dla wielu pacjentów regularne wizyty w placówkach rehabilitacyjnych mogą być uciążliwe, zwłaszcza jeśli wiążą się z koniecznością dojazdów i organizowania transportu.

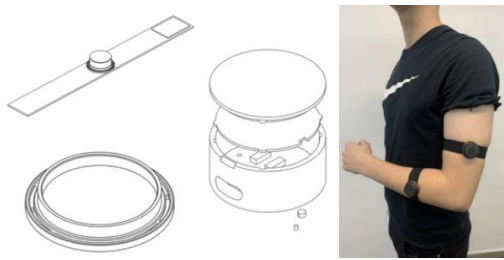
Brak natychmiastowej informacji zwrotnej podczas samodzielnych ćwiczeń w domu również stanowi wyzwanie. Pacjenci mogą nie być pewni, czy wykonują ćwiczenia prawidłowo, co może prowadzić do nieefektywności terapii lub nawet pogorszenia stanu zdrowia.

Z perspektywy pacjentów kluczowe usprawnienia mogłyby obejmować większą elastyczność i dostępność rehabilitacji, np. poprzez możliwość wykonywania ćwiczeń w domu z jednoczesnym zapewnieniem zdalnego nadzoru i wsparcia ze strony rehabilitanta. Interaktywne gry ruchowe i modułowe akcesoria mogłyby uczynić terapię bardziej angażującą i motywującą, co sprzyjałoby systematyczności ćwiczeń.

### 3. ReVitalize

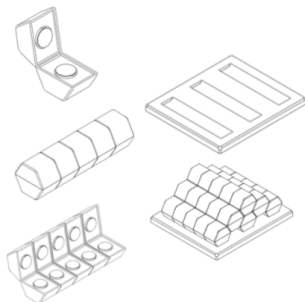
System został opracowany, w celu zaspokojenia potrzeb pacjentów i rehabilitantów, łącząc nowoczesne technologie z praktycznymi rozwiązaniami w rehabilitacji.

Centralnym elementem systemu są czujniki analizujące ruch, które pacjent może przymocować używając elastycznej opaski z rzepem (Rys. 1). Czujniki rejestrują dane z akcelerometru i żyroskopu, przesyłając je bezprzewodowo do urządzenia docelowego, gdzie są przetwarzane na ruch postaci w grze lub komunikat głosowy, co umożliwia pacjentom samodzielne ćwiczenia w domu. Dane z każdej sesji są zapisywane w profilu pacjenta, co umożliwia monitorowanie postępów i dostosowywanie terapii indywidualnie do potrzeb danego pacjenta.



**Rys. 1** Czujniki przymocowane do ręki za pomocą elastycznej opaski z rzepem.

Czujniki są przechowywane w modułowym etui, które umożliwia wygodne zarządzanie sprzętem, a także ładowanie i serwisowanie po umieszczeniu go na modułowej stacji dokującej (Rys. 2).



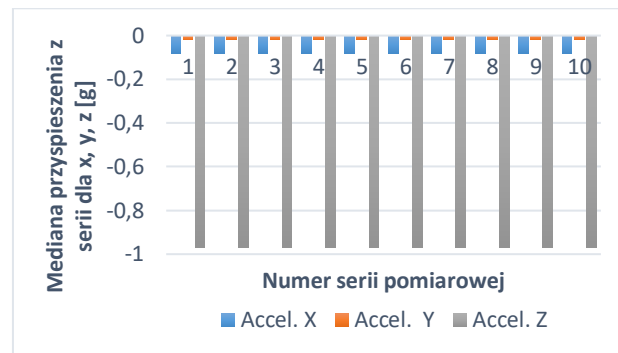
**Rys. 2** Schemat modułowego etui na czujniki oraz modułowej stacji ładującej.

Rehabilitant ma pełny wgląd w profil pacjenta oraz możliwość zarządzania czujnikami z poziomu dedykowanej platformy, co zapewnia stałą komunikację z pacjentem i ułatwia monitorowanie postępów oraz dostosowywanie terapii. Platforma umożliwia również przypisanie odpowiedniej liczby czujników oraz zasobów, takich jak interaktywne gry i akcesoria, niezbędnych do prawidłowego przebiegu terapii.

### 4. Analiza wzorców ruchowych

W ramach opracowywania projektu przeprowadzono analizę ruchu wzorcowych ćwiczeń rehabilitacyjnych w celu prawidłowej kalibracji sterowników oraz oceny dokładności mierzonych danych (przyspieszenie, przyspieszenie kątowe). Dla ćwiczeń, takich jak wzniosy rąk i ugięcia w łokciach, wykonano 10 serii pomiarowych, z których każda trwała 60 sekund. Pomiary wykonano w trzech osiach (X, Y, Z) za pomocą systemu Vicon, a następnie w programie Excel 2024 uśredniono wyniki każdej z serii. W ostatnim etapie

analizy wyniki zostały przedstawione na wykresie słupkowym w celu dokonania ich interpretacji.



### 5. Podsumowanie

W pracy przedstawiono system „ReVitalize” mający na celu rozwiązanie problemów zidentyfikowanych w trakcie badań nad procesem rehabilitacji. Na podstawie analizy wyników wyciągnięto następujące wnioski:

1. System „ReVitalize” z czujnikami ruchu i technologią biofeedbacku skutecznie motywuje pacjentów do regularnych i prawidłowych ćwiczeń, co może przyspieszyć rekonwalescencję.
2. Kalibracja czujników za pomocą systemu Vicon zapewnia wysoką dokładność pomiarów i prawidłowe odwzorowanie ruchów pacjenta.
3. Modułowa konstrukcja systemu i zdalne monitorowanie pacjentów zwiększają jego elastyczność, umożliwiając skuteczną rehabilitację zarówno w domu, jak i w placówkach medycznych.

Nowatorskim elementem pracy jest zastosowanie modułowej konstrukcji, co pozwala na redukcję kosztów, zmniejszenie ilości użytej elektroniki oraz zwiększenie liczby ćwiczeń wykonywanych samodzielnie przez pacjenta.

### Literatura:

- [1] G. Tayrose, D. Newman, J. Slover, F. Jaffe, T. Hunter, i J. Bosco, „Rapid mobilization decreases length-of-stay in joint replacement patients”, *Bull. Hosp. Jt. Dis.* 2013, t. 71, nr 3, s. 222–226, 2013.
- [2] M. Zdrapova, E. Mrázková, M. Janura, M. Strycek, i M. Cerny, „Influence of Rehabilitation Aid with Biofeedback on the Rehabilitation Process during Remote Home-Based Rehabilitation”, *Int. J. Environ. Res. Public. Health*, t. 19, nr 15, s. 9069, lip. 2022, doi: 10.3390/ijerph19159069.
- [3] C. S. González-González, P. A. Toledo-Delgado, V. Muñoz-Cruz, i P. V. Torres-Carrion, „Serious games for rehabilitation: Gestural interaction in personalized gamified exercises through a recommender system”, *J. Biomed. Inform.*, t. 97, s. 103266, wrz. 2019, doi: 10.1016/j.jbi.2019.103266.
- [4] A. C. Alarcón-Aldana, M. Callejas-Cuervo, i A. P. L. Bo, „Upper Limb Physical Rehabilitation Using Serious Videogames and Motion Capture Systems: A Systematic Review”, *Sensors*, t. 20, nr 21, s. 5989, paź. 2020, doi: 10.3390/s20215989.
- [5] M. Pirovano, R. Mainetti, G. Baud-Bovy, P. L. Lanzi, i N. A. Borghese, „Self-adaptive games for rehabilitation at home”, w *2012 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG)*, Granada, Spain: IEEE, wrz. 2012, s. 179–186. doi: 10.1109/CIG.2012.6374154.