

Dariusz ELJASZ, Wiesław MICZULSKI, Piotr POWROŹNIK, Łukasz SOBOLEWSKI, Robert SZULIM
Uniwersytet Zielonogórski
Instytut Metrologii, Elektroniki i Informatyki

KONCEPCJA SYSTEMU POMIAROWEGO DO DIAGNOZOWANIA DZIECI Z ROZWOJOWYM ZABURZENIEM KOORDYNACJI

W artykule przedstawiono koncepcję systemu pomiarowego do wykrywania zaburzeń koordynacji ruchu (SP_ZKR) u dzieci. Badanie dziecka będzie prowadzone podczas jego gry w minigolfa. Na podstawie otrzymanych wyników badań z SP_ZKR lekarz przedstawi końcową diagnozę, a w razie potrzeby zleci przeprowadzenie odpowiedniej terapii.

CONCEPT OF A MEASUREMENT SYSTEM FOR DIAGNOSIS OF CHILDREN WITH A DEVELOPMENTAL COORDINATION DISORDER

The article presents a concept of a measuring system for detecting movement coordination disorders (SP_ZKR) of children. The child's examination will be conducted during his mini-golf game. Based on the test results obtained from SP_ZKR, the doctor will present the final diagnosis and, if necessary, order appropriate therapy.

1. WPROWADZENIE

Obecnie coraz więcej dzieci, około 6% populacji, prezentuje niespecyficzne symptomy zaburzeń ruchowych, które nie mieszczą się w klasycznych kryteriach diagnostycznych typowych zaburzeń rozwojowych [1]. W większości przypadków są to dzieci określane jako niegrzeczne, nadpobudliwe i chaotyczne, które nigdy nie były odpowiednio zdiagnozowane. Bardzo często dostrzega się u takich dzieci zaburzenia koordynacji ruchowej (ZKR), które w następstwie mogą prowadzić do nieprawidłowości rozwojowych. Do najważniejszych z nich należy zaliczyć problemy z mową i komunikacją, z percepcją, myśleniem abstrakcyjnym czy też logicznym. Zaburzenia te, subtelnie rozpoczynające się i ogólnie określane niezdarnością ruchową, powodują powstawanie poważnych problemów z osiągnięciem poszczególnych etapów edukacji, z kontaktami społecznymi, z nawiązywaniem relacji, zakładaniem rodziny, zdrowiem psychicznym czy też agresją. Według klasyfikacji medycznej Rozwojowe Zaburzenie Koordynacji (RZK) to istotne upośledzenie rozwoju koordynacji ruchowej, które w znaczny sposób wpływa na wykonywanie szkolnych i codziennych obowiązków i aktywności.

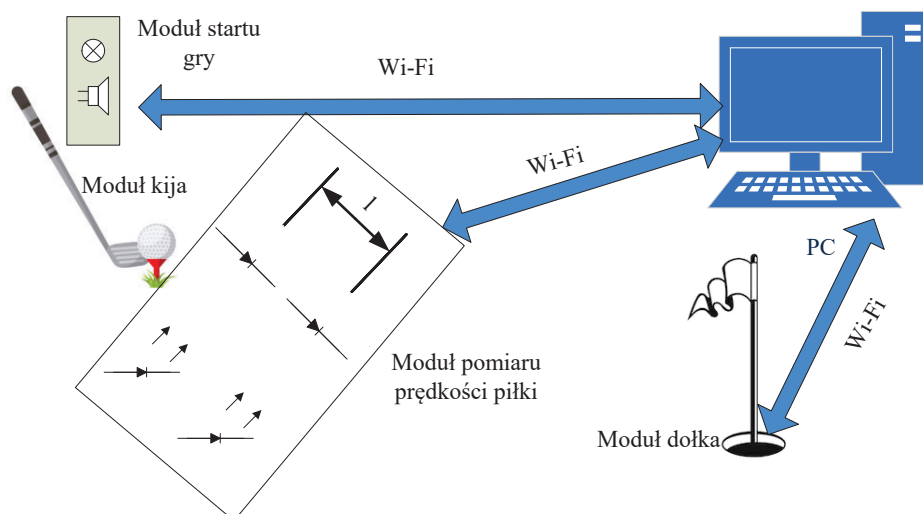
Problemem w diagnozowaniu RZK jest bardzo mała liczba dziecięcych psychiatrów. Rozwiązanie tego problemu może nastąpić poprzez zbudowanie odpowiednich narzędzi wykrywających ZKR i wspomagających lekarzy w diagnozowaniu RZK. W tym celu został zainicjowany projekt badawczy przez Calka Minigolf Group – Patryk Całka, w którym na bazie badania dziecka podczas gry w minigolfa przez system pomiarowy będą identyfikowane ZKR, stanowiące podstawę dla lekarza do zdiagnozowania RZK i określania odpowiedniej terapii. W opracowaniu i wykonaniu systemu pomiarowego będzie brał udział zespół badawczy z Instytutu Metrologii, Elektroniki i Informatyki Wydziału Informatyki, Elektrotechniki i Informatyki Uniwersytetu Zielonogórskiego. Opracowaniem modelu przesiewowych badań diagnostycznych z zastosowaniem systemu pomiarowego podczas gry w minigolfa zajmie się zespół badawczy z Wydziału Lekarskiego II Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu. Model ten będzie stanowił podstawę w diagnozowaniu dzieci przez lekarza. Takie podejście w diagnozowaniu RZK nie jest prowadzone w Polsce.

2. SYSTEM POMIAROWY

W celu identyfikowania ZKR założono, że system pomiarowy będzie umożliwiał wyznaczenie:

- siły uderzenia piłki kijem trzymany kończyną górną dominującą (F_{u_d}) i niedominującą ($F_{u_{nd}}$),
- siły chwytu kija do minigolfa prawą (F_{ch_p}) i lewą ręką (F_{ch_l}),
- czasu reakcji (t_r), czyli czasu od pojawienia się sygnału dźwiękowego i świetlnego (moduł startu gry) oznaczającego start gry w minigolfa, a pierwszym uderzeniem kijem w piłkę,
- prędkości piłki (v),
- liczby wykonanych uderzeń kijem w piłkę (l_u) podczas jednego cyklu gry (od momentu rozpoczęcia gry do momentu umieszczenia piłki w dołku),
- liczby pełnych wykonanych cykli gry w zadanym czasie (l_c).

Architekturę systemu pomiarowego umożliwiającego wykrywanie zaburzeń koordynacji ruchu (SP_ZKR) przedstawiono na rys. 1. Centralnym punktem SP_ZKR będzie komputer PC (laptop). Występujące w systemie *moduły pomiarowe kija, dołka i pomiaru prędkości piłki* będą się komunikowały z komputerem za pomocą sieci Wi-Fi poprzez protokół TCP/IP. Komputer PC będzie sterował całością działania systemu z poziomu programu (*WinMinigolf*) uruchamianego w systemie Windows 10. W programie *WinMinigolf* będą funkcjonowały dwa tryby pracy: *tryb realizacji badania* i *tryb przeglądania zarejestrowanych danych*. W *trybie realizacji badania* będą przeprowadzane, zgodnie z przyjętymi założeniami, badania i zapisywane ich wyniki. Przeprowadzenie badań będzie wymagało nawiązania połączenia sieciowego komputera PC z *modułami kija, dołka i pomiaru prędkości piłki*. W *trybie przeglądania zarejestrowanych danych* możliwe będzie przeglądanie zarejestrowanych wyników badań zapisanych na dysku komputera PC oraz przygotowanie odpowiednich zestawień wyników badań dla każdego badanego dziecka, uprzednio zarejestrowanego w programie *WinMinigolf*. Również możliwe będzie wyznaczenie prostych informacji statystycznych dla poszczególnych zmierzonych wielkości, jak np. minimalna, maksymalna i średnia wartość dla danej wielkości. Możliwe będzie także wydrukowanie raportu z przeprowadzonego testu i wyeksportowanie go do pliku pdf lub csv.



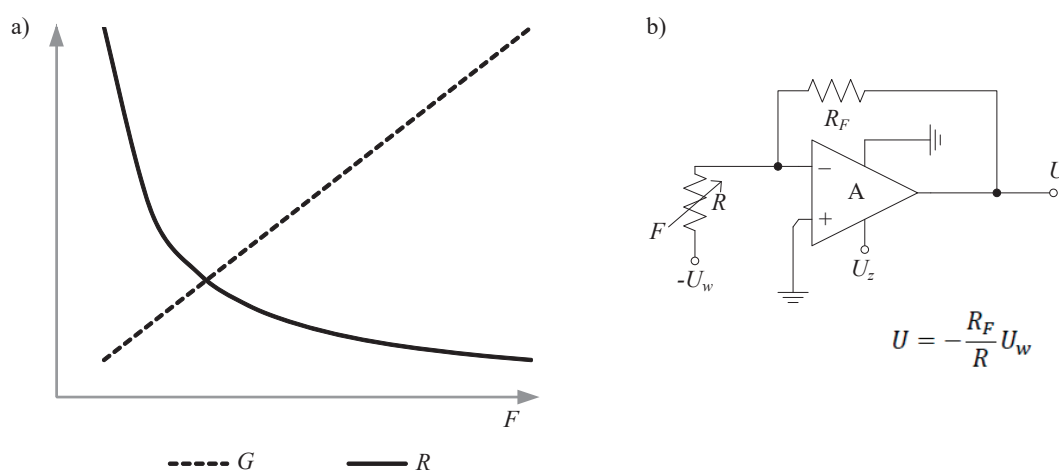
Rys. 1. Architektura SP_ZRK
Fig. 1. Architecture of a SP_ZRK

Moduł kija będzie umożliwiał pomiar siły chwytu kija do minigolfa prawą i lewą ręką przez badane dziecko oraz pomiar przyspieszenia kija w chwili uderzenia nim w piłkę. Pomiary siły chwytu kija

kończyną górną dominującą i niedominującą będą realizowane przez dwa niezależne przetworniki pomiarowe, umieszczone w górnej części kija do minigolfa. Każdy z przetworników będzie składał się



Rys. 2. Czujniki rezystancyjne typu FSR: FlexiForce A201 (a), FSR-406 (b)
 Fig. 2. FSR resistance sensors: FlexiForce A201 (a), b), FSR-406 (b)



Rys. 3. Przykładowa charakterystyka przetwarzania czujnika rezystancyjnego typu FSR (a), układ przetwornika R/U (b)
 Fig. 3. Sample processing characteristics of an FSR type resistance sensor (a), R/U transducer layout (b)

z czujnika siły chwytu i mikrokontrolera zawierającego również wzmacniacz i przetwornik a/c. Wyniki pomiaru sił chwytu zostaną przesłane do komputera PC. Uwzględniając ergonomię rozwiązania czujnika siły chwytu zdecydowano się na sprawdzenie trzech rozwiązań. Pierwsze rozwiązanie będzie oparte na rezystancyjnych foliowych czujnikach siły nacisku FlexiForce A201 (firmy Tekscan) [2, 3, 4] (rys. 2a), które charakteryzują się dużym zakresem zmian rezystancji (od pojedynczych M Ω do kilkuset Ω). Cechą charakterystyczną tych czujników jest duża nieliniowość charakterystyki $R = f(F)$, typu $1/x$, co oznacza liniową zmianę konduktancji czujnika w funkcji siły (rys. 3a). Zatem charakterystyka przetwarzania przetwornika $U = f(F)$ (rys. 3b) jest liniowa przy stałej wartości napięcia U_w . Zakres zmian napięcia wyjściowego przetwornika $U = f(F)$ jest dopasowany do zakresu napięcia wejściowego przetwornika a/c poprzez dobór odpowiedniej wartości rezystancji rezystora R_F . Drugie rozwiązanie będzie oparte na konstrukcji dynamometru pneumatycznego [5], w którym pomiar siły chwytu realizowany jest przez pomiar zmiany ciśnienia w elastycznym zbiorniku w wyniku działania tej siły. Do pomiaru ciśnienia będzie zastosowany czujnik piezorezystancyjny MPXV5050GC6U (firmy Freescale Semiconductor) [6], którego typowa wartość napięcia na wyjściu zmienia się od 0,2 V do 4,7 V. Przy zastosowaniu dynamometru pneumatycznego do pomiaru siły chwytu kija zasadniczym problemem do rozwiązania jest przetwornik $F/\Delta P$, którego konstrukcja jest silnie uwarunkowana wymiarami kija i dłoni dziecka. W trzecim rozwiązaniu będą zastosowane tensometry umieszczone na belce [7].

W celu wyznaczenia wartości siły uderzenia piłki kijem do minigolfa wymagany jest przy znanej masie kija pomiar przyspieszenia, realizowany w jego dolnej części. W tym celu będzie zastosowany akcelerometr pojemnościowy MPU-6050 (firmy InvenSense) [7, 8]. Wyniki pomiaru przyspieszenia zostaną przesłane do komputera PC, w którym nastąpi obliczenie siły uderzenia piłki kijem do minigolfa. Każdorazowo przesłane wyniki przyspieszenia do komputera PC będą również podstawą do wyznaczenia liczby wykonanych uderzeń kijem w piłkę podczas jednego cyklu gry, a pierwszy wynik przyspieszenia do wyznaczenia czasu reakcji.

Moduł dołka będzie umożliwiał wykrycie umieszczenie piłki w dołku. Na dnie dołka będzie zainstalowany rezystancyjny foliowy czujnik siły nacisku FSR-406 (firmy Interlink Electronics) [9] (rys. 2b), którego powierzchnia aktywna jest równa 38 mm x 38 mm. Czujnik ten będzie podłączony do wzmacniacza, a dalej do przetwornika a/c, podobnie jak w przetworniku siły uchwytu kija (rys. 3b). Detekcja zmiany rezystancji czujnika wykrywana będzie przez mikrokontroler, który w następstwie prześle informację o zaistniałej sytuacji do komputera PC. Wykrycie piłki w dołku będzie oznaczało zakończenie jednego cyklu gry, a także umożliwi zliczanie liczby cykli w zadanym czasie.

Moduł pomiaru prędkości piłki będzie umieszczony tuż przy punkcie startowym gry w minigolfa. Wartość prędkości piłki do gry w minigolfa zostanie wyznaczona na podstawie opracowanego dedykowanego układu pomiarowego, którego ideę przedstawiono na rys. 1. Podstawową część układu pomiarowego stanowią dwie pary zestawu czujników. W każdym zestawie znajduje się nadajnik i odbiornik światła podczerwonego. Uderzona piłka rozpoczynając toczenie się po torze do minigolfa przetnie strumień światła podczerwonego pierwszego zestawu czujników. Wówczas będzie generowany impuls rozpoczynający w mikrokontrolerze pomiar czasu. W odległości l od pierwszego zestawu czujników będzie umieszczony drugi zestaw. Piłka tocząca się po torze mijając drugi zestaw czujników spowoduje wygenerowanie impulsu kończącego w mikrokontrolerze pomiaru czasu. Wyznaczony odcinek czasu Δt przy znanej wartości l umożliwi obliczenie w mikrokontrolerze prędkości piłki v , której wartość zostanie przesłana do komputera PC.

3. PODSUMOWANIE

Przedstawiona koncepcja SP_ZRK jest aktualnie realizowana. Szczegółowe rozwiązania modułów oraz działanie programu *WinMinigolf* z dwoma trybami pracy: *tryb realizacji badania* i *tryb przeglądania zarejestrowanych danych* zostaną przedstawione na konferencji.

Przedstawione w artykule prace są realizowane w ramach projektu finansowanego z Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój; Oś Priorytetowa 2: Wsparcie otoczenia i potencjału przedsiębiorstw do prowadzenia działalności B+R+I; Poddziałanie 2.3.2: Bony na innowacje dla MŚP.

LITERATURA

1. Kriba A.: Dyspraksja, rozwojowe zaburzenia koordynacji, Kompendium, 2010 r.
2. <https://www.tekscan.com/print/blog/flexiforce/how-does-force-sensing-resistor-fsr-work>
3. Best Practices in Electrical integration of the flexiforce™ sensor, <https://www.tekscan.com>
4. Best Practices in Mechanical integration of the flexiforce™ sensor, <https://www.tekscan.com>
5. <http://platformybalansowe.pl/produkt/k-force-grip-dynamometr-sciskowy-elektroniczny>
6. www.freescale.com
7. Miłek M.: Metrologia elektryczna wielkości nieelektrycznych, Oficyna Wydawnicza Uniwersytetu Zielonogórskiego, 2006 r.
8. www.invensense.com
9. www.interlinkelectronics.com