

STRESZCZENIE

STRESZCZENIE ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

„Modularny system sterowania robota rehabilitacyjnego narządów ruchu ze sprzężeniem siłowym”

Rehabilitacja kończyn, mająca na celu przywrócenie utraconej sprawności, jest procesem długotrwałym. W tym procesie, fizjoterapeuta podczas zazwyczaj wielomiesięcznych ćwiczeń, wymagających dużego wysiłku fizycznego, wykonuje manualnie ruchy rehabilitowaną kończyną pacjenta. By ograniczyć zmęczenie rehabilitanta i jednocześnie zapewnić większą powtarzalność aplikowanych ćwiczeń terapeutycznych zaczęto wprowadzać różnego rodzaju urządzenia mechaniczne, jak również mechatroniczne, które aktualnie w najbardziej zaawansowanej formie przybrały postać robotów rehabilitacyjnych.

Przedmiotem niniejszej pracy było zaprojektowanie i walidacja systemu sterowania dla robota rehabilitacyjnego o wielu stopniach swobody, w którym do kontroli pracy robota zostało wykorzystane sprzężenie siłowe. Podjęcie takiej tematyki badań wynikało z prac prowadzonych w Instytucie Techniki i Aparatury Medycznej ITAM w obszarze projektowania i wdrażania robotów rehabilitacyjnych. Wynikiem prac badawczych i projektowych prowadzonych w ITAM w latach 2007÷2009 był prototyp robota rehabilitacyjnego ARM-100. Robot ten w formie egzoszkieletu umożliwiał wykonywanie wielopłaszczyznowych ruchów terapeutycznych.

Na podstawie szerokiej gamy badań testujących i walidujących prototyp robota rehabilitacyjnego ARM-100 określono kierunki dalszego rozwoju opracowanego rozwiązania. Jednym z istotniejszych wniosków było wskazanie konieczności opracowania nowego systemu sterowania, który na podstawie danych z czujników pomiarowych umożliwiłby określenie intencji ruchu w stawach, a elementy napędowe robota wspomagałyby ten ruch. W 2017 r. w ITAM rozpoczęły się prace związane z opracowaniem kolejnej udoskonalonej wersji robota rehabilitacyjnego kończyn górnych ARM-200, a realizacja niniejszego doktoratu wdrożeniowego była ściśle powiązana z tymi pracami, przede wszystkim w zakresie opracowania systemu sterowania. W toku prac projektowych związanych z opracowaniem

nowej wersji robota określone zostały wymagania funkcjonalne i normatywne, które były podstawą do sformułowania celu pracy, który ukierunkowany była na opracowanie i walidację systemu sterowania robota rehabilitacyjnego przeznaczonego do terapii kończyn górnych wykorzystującego sprzężenie siłowe do realizacji ruchów robota. Zakres prac badawczych zrealizowanych w rozprawie doktorskiej został doprecyzowany przyjętymi tezami badawczymi w brzmieniu:

1. Dane z czujników pomiarowych siły umieszczonych w poszczególnych węzłach robota rehabilitacyjnego można wykorzystać do automatycznej detekcji intencji ruchu w stawach kończyny górnej pacjenta oraz do sterowania trajektorią ruchu robota.
2. Wprowadzenie w algorytmie sterowania ruchami robota minimalnej siły wymaganej do aktywacji napędów (tzw. progów nieczułości) przyczyni się do zwiększenia bezpieczeństwa pacjenta poprzez wyeliminowanie niepożądanych ruchów robota.
3. Wykorzystanie aplikacji sterującej działającej w systemie operacyjnym nie czasu rzeczywistego (ang.: non-real-time system), do kontroli pracy robota rehabilitacyjnego, nie wpłynie negatywnie na pracę systemu sterowania robota.

Finalnym efektem zrealizowanych prac projektowych i wdrożeniowych było opracowanie układu sterowania robota rehabilitacyjnego do terapii kończyn górnych. Istotnym elementem tego układu sterowania było opracowanie algorytmów sterowania umożliwiających automatyczną detekcję intencji ruchu w stawie oraz wspomaganie tego ruchu. Zaprojektowany i wykonany prototyp robota rehabilitacyjnego został wykorzystany w pracach badawczych, których głównym celem była walidacja opracowanego systemu sterowania.

Uzyskane wyniki przeprowadzonych badań walidacyjnych elementów układu sterowania robota rehabilitacyjnego kończyn górnych potwierdziły poprawność ich działania oraz spełnienie wymagań funkcjonalnych i normatywnych zaprojektowanego i wykonanego prototypu robota rehabilitacyjnego. Na podstawie przeprowadzonych badań doświadczalnych potwierdzono również tezy pracy.