

ABSTRACT

Ankle foot orthosis (AFO) is frequently utilised to offer practical help for patients with lower limb injuries or defects. However, ground response force modelling has historically proven difficult, especially when the robot is modelled with a high degree of freedom and has numerous points of contact with the ground. Therefore, this research presents the development of a dynamic system and controller of AFO. In order to accurately reflect the system dynamics, a prototype AFO model for kids was created and constructed. Using data immediately obtained from the experimental setup, the system's dynamic behaviour was simulated. The research uses both non-parametric and parametric techniques, namely Multilayer Perceptron Neural Network (MLP NN) and Particle Swarm Optimisation (PSO), for system modelling. The modelling stage comprised breaking down the dynamic AFO models into single-input single-output models. Validation methods such as the mean-squared error (MSE) and correlation tests were utilized to verify the performance of the models. The results suggested that MLP NN excelled over PSO in recognizing the AFO dynamic system by utilizing the model structure of delay 8, with unbiased results whereby the confidence level fell within the 95% range and showed the lowest mean squared prediction error is 1.1034×10^{-5} . In comparison, it can be concluded that MLP NN provided a more accurate estimation of the AFO dynamic model. In controllers' development, the research employed both conventional and intelligent Proportional–Integral–Derivative (PID) based controllers. For the conventional controller, Proportional–Integral–Derivative Ziegler-Nichols (PID-ZN) was tuned by using the mathematical calculation based on the identified models obtained earlier. Meanwhile, for the intelligent controller, Proportional–Integral–Derivative Particle Swarm Optimisation (PID-PSO) was utilized to find the optimum value of PID controller parameters to track the desired position during the ankle

training. The PID controllers were tuned automatically by the PSO algorithm based on the same identified models. The performance of both developed controllers was compared and analyzed. The system's conduct in tracking the position of the AFO along its trajectory was observed. Both control approaches' comparative evaluation was provided and discussed. Based on the results, it is evident that PID-PSO performs superiorly due to its lower steady-state error and shorter settling time when compared to PID-ZN. This comparison indicates that the intelligent controller, PID-PSO showed a significant improvement as compared to the conventional controller, PID-ZN. It was found that the percentage of improvement achieved by the intelligent controller over the conventional controller for settling time is 62.6 % and the steady state error is improved by 75.56 %.

Keywords: Ankle foot orthosis, system identification, Neural Network Multilayer Perceptron, Particle Swarm Optimisation, Proportional–Integral–Derivative Ziegler-Nichols, Proportional–Integral–Derivative Particle Swarm Optimisation

Pemodelan dan Kawalan Ortosis Pergelangan Kaki (AFO) untuk Kanak-kanak dengan Menggunakan Penyelakuan Komputer ke Arah Pendekatan Pintar

ABSTRAK

Orthosis kaki pergelangan kaki (AFO) sering digunakan untuk menawarkan bantuan praktikal bagi pesakit dengan kecederaan atau kecacatan anggota badan yang lebih rendah. Walau bagaimanapun, pemodelan kekuatan tindak balas tanah secara historis terbukti sukar, terutama ketika robot dimodelkan dengan tahap kebebasan yang tinggi dan mempunyai banyak titik kontak dengan tanah. Oleh itu, penyelidikan ini menyajikan pengembangan sistem dinamik dan pengawal AFO. Untuk mencerminkan dinamika sistem dengan tepat, model prototaip AFO untuk anak-anak dibuat dan dibina. Dengan menggunakan data yang segera diperolehi dari penyediaan eksperimen, tingkah laku dinamik sistem disimulasikan. Penyelidikan ini menggunakan teknik bukan parametrik dan parametrik, iaitu MLP NN (perceptron berbilang lapisan rangkaian neural) dan PSO pengoptimuman kerumuman zarah), untuk pemodelan sistem. Tahap pemodelan merangkumi pemecahan model AFO dinamik menjadi model output tunggal input tunggal. Kaedah pengesahan seperti ralat kuadrat rata-rata (MSE) dan ujian korelasi digunakan untuk mengesahkan prestasi model. Hasilnya menunjukkan bahawa MLP unggul daripada PSO dalam mengenali sistem dinamik AFO dengan menggunakan struktur model penundaan 8, dengan hasil yang tidak berat sebelah di mana tahap keyakinan jatuh dalam 95 % julat dan menunjukkan ralat ramalan kuasa dua min terendah ialah 1.1034×10^{-5} . Sebagai perbandingan, dapat disimpulkan bahawa MLP memberikan anggaran yang lebih tepat mengenai model dinamik AFO. Dalam pengembangan pengawal, penyelidikan menggunakan pengawal berasaskan pengawal berkadaran-kamiran-terbitan (PID). Untuk pengawal konvensional, pengawal berkadaran-kamiran-terbitan Ziegler-Nichols (PID-ZN)

diselaraskan dengan menggunakan pengiraan matematik berdasarkan model yang dikenal pasti yang diperoleh sebelumnya. Sementara itu, untuk pengawal pintar, pengawal berkadaran-kamiran-terbitan pengoptimuman kerumuman zarah (PID-PSO) digunakan untuk mencari nilai optimum parameter pengawal PID untuk mengesan kedudukan yang diinginkan semasa latihan pergelangan kaki. Pengawal PID diselaraskan secara automatik oleh algoritma PSO berdasarkan model yang dikenal pasti sama. Prestasi kedua-dua pengawal yang dikembangkan dibandingkan dan dianalisis. Tingkah laku sistem dalam mengesan kedudukan AFO di sepanjang lintasannya diperhatikan. Penilaian perbandingan kedua-dua pendekatan kawalan diberikan dan dibincangkan. Berdasarkan hasilnya, terbukti bahawa PID-PSO berprestasi lebih baik kerana kesalahan keadaan tetap yang lebih rendah dan masa penyelesaian yang lebih pendek jika dibandingkan dengan PID-ZN. Perbandingan ini menunjukkan bahawa pengawal pintar, PID-PSO menunjukkan peningkatan yang ketara berbanding dengan pengawal konvensional, PID-ZN. Didapati bahawa peratusan peningkatan yang dicapai oleh pengawal pintar berbanding pengawal konvensional untuk menyelesaikan masa adalah 62.6% dan kesalahan keadaan tetap ditingkatkan sebanyak 75.56 %.

Kata kunci: *Ortosis pergelangan kaki, sistem pengenalpastian, pengoptimuman kerumuman zarah, rangkaian neural perceptron berbilang lapisan, pengawal berkadaran-kamiran-terbitan Ziegler-Nichols, pengawal berkadaran-kamiran-terbitan pengoptimuman kerumuman zarah*