

Using a Fuzzy-CMAC Network for Control of a Transtibial Prosthesis

Uso de uma Rede *Fuzzy*-CMAC para Controle de uma Prótese Transtibial

R. A. Lima¹, L. M. Brasil¹, V. R. F. Silva¹, J. A. A. Andrade¹

¹Universidade de Brasília, Campus Gama, DF, Brasil

Prosthesis are objects for studies in human rehabilitation. Actives prosthesis applied to amputees have found their place in researches, but for this, a robust control model must be implemented to ensure their reliability of operation. In this context is possible use AI (Artificial Inteligente) to resolve this problem. This paper seeks the implementation of a *Fuzzy*-CMAC (Cerebellar Model Articulation Controller) network to control a transtibial prosthesis.

Keywords — *Fuzzy*-CMAC, Prosthesis Control, Artificial Neural Networks.

Próteses são objetos de estudo em reabilitação humana. As próteses ativas aplicadas a amputados têm encontrado seu lugar nas pesquisas, mas para tanto, um modelo de controle robusto deve ser implementado para garantir a confiabilidade de funcionamento das mesmas. Neste contexto é possível utilizar a Inteligência Artificial (IA) para resolver tal problema. O presente trabalho busca a implementação de uma rede *Fuzzy*-CMAC (*Cerebellar Model Articulation Controller*) para controlar uma prótese transtibial.

Palavras-Chave — *Fuzzy*-CMAC, Controle Próteses, Redes Neurais Artificiais.

Os sistemas *Neuro-Fuzzy* tem aplicações em diversas áreas, desde modelagem térmica para o processo de produção de tubos laminares até o controle das posturas das pernas num robô bípede. Dentre as inúmeras possibilidades deste tipo de sistema, encontram-se as redes *Fuzzy*-CMAC, que têm como capacidade, a memorização de características do ambiente em que operam [1]. O presente trabalho busca a implementação do controle de uma prótese para indivíduos amputados abaixo do joelho. Este controle se dará por uma rede *Fuzzy*-CMAC, que levará em consideração, parâmetros cinemáticos, dinâmicos da prótese e também sinais bioelétricos do usuário. A prótese terá três graus de liberdade, dorsiflexão e flexão plantar, eversão e inversão, abdução e adução, isso, comparando-se com os movimentos de um tornozelo real.

Inspirada no córtex cerebral dos mamíferos, a CMAC (*Cerebellar Model Articulation Controller*) foi criada por [2]. Seu funcionamento se dá através de memórias associativas, que relacionam as entradas às saídas da rede. Verificou-se que a CMAC é um sistema adequado ao controle em tempo real, o que é bem vindo para o controle de vários graus simultâneos de liberdade, e também um sistema de gerenciamento de memória pois para entradas semelhantes, obtém-se saídas semelhantes. Uma característica indesejável da rede CMAC é que sua saída apresenta muitas descontinuidades. A técnica que se utilizou primeiramente para diminuir este problema, era fazer uso de um grande número de funções de ativação, o que consequentemente amentava a complexidade do algoritmo e comprometia a sua execução em tempo-real. Atualmente, para se resolver este problema, é melhor usar uma rede *Fuzzy*-CMAC que adota funções de pertinência. Assim são usadas funções mais suaves que as originais binárias (CMAC), para ativação. [3]

O uso da RNA (Rede Neural Artificial) *Fuzzy*-CMAC permitiu mapear, com sucesso, a posição de um tornozelo, no plano sagital, durante um ciclo de marcha, ou seja, do ângulo formado entre o pé e a perna. Comparando-se o resultado da RNA com o método de aproximação por Jacobianos, a RNA se mostrou superior pois o segundo método apresentou regiões de instabilidade que prejudicaram seus resultados [4]. Em [5] também é demonstrada uma metodologia para o projeto de um padrão de marcha de um robô bípede, que além de tudo é ainda autoadaptativo. Assim, como próxima etapa deste trabalho será realizado justamente esse projeto de padrão marcha, levando-se em conta ainda os dados bioelétricos do paciente.

REFERENCES

- [1] J. A. A. Andrade, L. M. Brasil, E. H. Diniz, K. C. Borges, S. S. R. F. Rosa and R. C. Silva, "Proposta de Estudo de Redes *Neuro-Fuzzy* para Aplicações em um Controle de Prótese Ativa Transtibial," XXIII Congresso Brasileiro em Engenharia Biomédica – XXIII CBEB, pp. 1730-1732, 2012.
- [2] J. S. Albus, *A new approach to manipulator control: The cerebellar model articulation controller*. Trans. ASME, J. Dyn. Syst., Meas. Control, v. 97, p. 220-227, Sept. 1975.
- [3] S. O. Rezende, *Sistemas Inteligentes – Fundamentos e aplicações*. São Paulo. Manole, 2002, pp. 221-222.
- [4] J. A. A. Andrade, K. C. Borges, L. M. Brasil, E. H. Diniz, J. F. Figueiredo and R. C. Silva, "Estudo de uma RNA FCMA como Base de Controle para uma Prótese Ativa Transtibial", IV Encontro de Ciência e Tecnologia da Faculdade UnB – Gama, pp. 232-235, Dezembro, 2012.
- [5] C. Sabourin, W. Yu and K. Madani. *Gait Pattern Based on CMAC Neural Network for Robotic Applications*. Neural Process Let, vol. 38, pp. 261-279, 2013.