

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Obtenção Experimental dos Coeficientes de Empuxo e de Torque para Modelagem Matemática de Quadrirrotores

Graciela E. B. Bertoldo¹Elisiane P. Paixao²Ivan P. Canal³Manuel M. P. Reibold⁴

Departamento de Ciências Exatas e Engenharia, Unijuí, Ijuí, RS

Os UAVs (*Unmanned Aerial Vehicle*) são aeronaves que não necessitam de um piloto a bordo. São utilizados para fins militares, meteorológicos, segurança, entretenimento, entre outros. Dentre essas aeronaves destacam-se os quadrirrotores. Estes são arranjos de quatro propulsores eletromecânicos, cada qual constituído por hélice, motor brushless e ESC (*Electronic Speed Control*). Em estudos realizados para obter o modelo matemático da dinâmica do quadrirrotor, deparou-se com a necessidade de determinar os coeficientes de torque e de empuxo. Ambos podem ser obtidos analiticamente, porém os valores obtidos nem sempre condizem com a realidade [2]. Por esse motivo, é vantagem obtê-los por meio de testes experimentais. Por tanto, o objetivo desta investigação consiste em examinar a literatura técnica e constatar as características dos instrumentos utilizados para obter tais coeficientes. Dessa forma, as informações coletadas serão base para o desenvolvimento de uma plataforma de teste que meça com precisão os parâmetros supracitados. Os coeficientes de empuxo, C_T , e de torque de reação, C_Q , dependem da geometria e do perfil do rotor. Ambos os coeficientes atuam sobre a estrutura suspensa no ar e podem ser expressos pelas equações (1) e (2) respectivamente. Onde ω_i representa a densidade do ar, T_i o torque de reação e, Q_i o empuxo.

$$T_i := C_T \omega_i^2 \quad (1)$$

$$Q_i := C_Q \omega_i^2 \quad (2)$$

Com o intuito de identificar esses parâmetros com diferentes motores, hélices e controladores, diversas plataformas foram desenvolvidas nos últimos anos. O levantamento bibliográfico foi realizado em artigos internacionais sobre plataformas UAVs publicados desde o ano de 2010. Dentre esses, selecionou-se alguns trabalhos que especificam os métodos e instrumentos utilizados para aquisição de dados. Com essa análise procurou-se levantar informações para aprimorar as plataformas desenvolvidas pelo grupo de pesquisa. Tendo

¹gracibertoldo@gmail.com²elisianep251@gmail.com³icanal@gmail.com⁴manolo.reibold@gmail.com

em vista que para identificar parâmetros, por meio de experimentos, é necessário utilizar dispositivos de medição precisos, [1] capturou informações como empuxo, consumo atual e velocidade de rotação, fazendo uso de uma balança de precisão, um encoder e um sensor de corrente de entrada em sua plataforma com formato de gangorra. Os sensores, por meio do MATLAB Simulink®, registram os dados através da interface *Quanser* em tempo real. Porém há outras formas de se obter o empuxo do motor, como a utilizada por [4]. Esse, ao invés de uma balança, utilizou um peso, maior do que o empuxo máximo antecipado gerado pelo motor, fixado na extremidade oposta à combinação motor-hélice a ser testada. Uma terceira opção, para se obter o mesmo coeficiente é através do uso de células de carga. As células de carga são estruturas eletromecânicas que se deformam, dentro do regime elástico, ao receberem esforços físicos e, são capazes de converter, por meio de um circuito elétrico, o valor dessa deformação em voltagem. Por esse motivo são consideradas mais eficientes computacionalmente. Em uma terceira plataforma, diferentemente de [1] e [4], é observado o conjunto motor-hélice na horizontal. Esse se encontra nessa posição, pois reduz a turbulência das hélices, que tem como causa o retorno do vento que a mesma empurra para baixo [3]. Turbulência essa que afeta consideravelmente os dados retirados da plataforma e, conseqüentemente, a modelagem e o controle do quadricóptero. Nessa mesma plataforma verifica-se o uso de células de carga e sua eficiência na obtenção de ambos os coeficientes supracitados. Desse modo, aprimorou-se o sistema de medição da plataforma de teste desenvolvida pelo grupo, assim como a posição do conjunto motor-hélice, utilizando a ideia de [3]. A expectativa é de que por meio de análises experimentais seja validada a redução de turbulência nas hélices. Dessa forma pode ser utilizada para medir, com maior precisão, os coeficientes de empuxo e torque necessários para modelar matematicamente a dinâmica de um quadricóptero.

Referências

- [1] C. Chéron, et. al. A multifunctional HIL testbed for multicopter VTOL UAV actuator, *Proceedings of the IEEE/ASME International Conference on Mechatronic and Embedded Systems and Applications*. 2010. DOI:10.1109/MESA.2010.5552032
- [2] E. P. Paixão, et. al. Sistema de medição de grandezas físicas intrínsecas ao módulo de propulsão de veículos multirrotóres, *Revista Interdisciplinar de Ensino Pesquisa e Extensão*. v. 5, p. 273–282, 2017.
- [3] O. R. Shetty and M. S. Selig. Small-Scale Propellers Operating in the Vortex Ring State, *49th AIAA Aerospace Sciences Meeting including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition*. Orlando, Florida, 2011.
- [4] E. Uyar, et. al. Position Control of a Seesaw like Platform by Using a Thrust Propeller, *The 12th International Workshop on Advanced Motion Control, AMC*. Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 2012. DOI:10.1109/AMC.2012.6197019