



Identificação e Estimação de Sistemas Dinâmicos: Aplicação em Robótica Móvel

Eduardo H. Kobaicy*, André R. Fioravanti

Resumo

Neste projeto, foram estudadas a identificação de sistemas dinâmicos e a estimação de estados através de ferramentas computacionais, a fim de implementar em uma plataforma robótica terrestre experimental. A aplicação das ferramentas MATLAB System Identification Toolbox (SIT) e CVX geraram resultados distintos do modelo matemático linearizado. Testes foram executados para verificar qual dos métodos se aproxima melhor da plataforma experimental.

Palavras-chave: Identificação, estimação, controle.

Introdução

O principal objetivo do trabalho foi o estudo de métodos de *estimação de estado* dinâmicos de um veículo quando este não pode ser totalmente observado. Um problema correlato que também foi abordado é denominado por *identificação de sistemas* e trata de estimar parâmetros em sistemas dinâmicos. Foram realizados testes com dados coletados da plataforma experimental.

Resultados e Discussão

Inicialmente, para identificação do sistema com a SIT, foi utilizado o sistema descrito pelas equações em espaço de estado abaixo, que dependem da massa do veículo (m), das distâncias dos eixos em relação ao centro de gravidade (a e b), do momento de inércia (J_{zz}), da velocidade longitudinal de referência (u_{ref}) e do coeficiente de amortecimento da suspensão (C_α). Suas variáveis dinâmicas de estado são a velocidade lateral (v) e a velocidade angular (r) e sua entrada de controle é o comando de direção (δ_{cmd}). As equações que descrevem o comportamento dinâmico do veículo, simplificado para um modelo tipo bicicleta e a representação gráfica do sistema são apresentadas na Fig. 1.

$$\begin{bmatrix} \dot{v} \\ \dot{r} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-4C_\alpha}{mu_{ref}} & \left(\frac{2C_\alpha(b-a)}{mu_{ref}} - u_{ref} \right) \\ \frac{2C_\alpha(b-a)}{J_{zz}u_{ref}} & \frac{-2C_\alpha(a^2+b^2)}{J_{zz}u_{ref}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ r \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{2C_\alpha}{m} \\ \frac{2C_\alpha a}{J_{zz}} \end{bmatrix} \delta_{cmd}$$

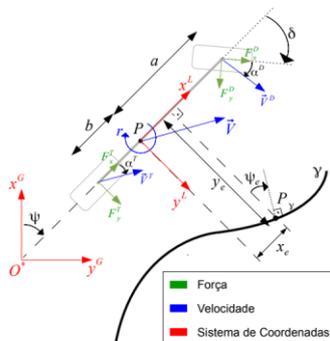


Figura 1. Modelo tipo bicicleta [1].

As entradas do comando de direção utilizadas na identificação foram do tipo *up-chirp* (por conta de seu conteúdo espectral e por serem aplicáveis na prática, diferentemente do impulso) e trem de pulsos com amplitudes variadas, porém limitadas. Ao identificar o sistema a partir da resposta do modelo não-linear de alta

fidelidade, realizou-se a simulação da resposta do sistema identificado a uma determinada entrada, a fim de comparação com os dados provenientes do modelo linearizado e do modelo não-linear. Esta comparação é apresentada na Fig. 2.

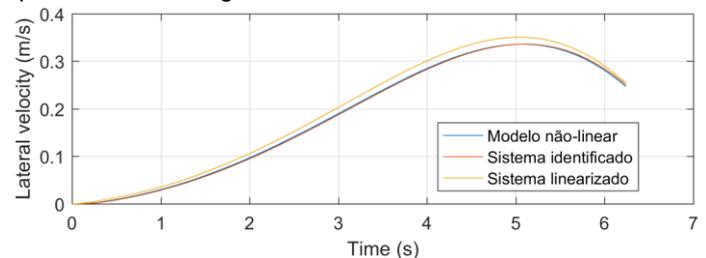


Figura 2. Comparação entre resposta dos sistemas.

Posteriormente foram realizados testes com a plataforma Auto-VERDE, utilizando a entrada *up-chirp* no comando de direção do veículo e diferentes velocidades longitudinais.



Figura 3. Veículo Auto-VERDE.

Conclusões

A execução deste trabalho mostrou que a presença de diferentes tipos de não-linearidades não previstas no modelo do sistema e a presença de ruído nos sinais analisados na identificação modificam significativamente a qualidade da estimação. Além disso, o modelo linearizado pode não apresentar a melhor resposta para algumas entradas pré-determinadas.

Agradecimentos

Agradeço ao professor André Fioravanti pela orientação e à equipe do ACCESLab pelo apoio no decorrer do trabalho.

¹ CORDEIRO, R. A.; *Modelagem e controle de trajetória de um veículo robótico terrestre de exterior*. 2013, Dissertação de mestrado – Universidade Estadual de Campinas.