

Sistemas Inteligentes: Lógica Fuzzy - Problema de Backing Up de um caminhão em um estacionamento

Nelson Campos

21 de Junho de 2016

1 Introduction

2 O Problema do Estacionamento de um Caminhão

Estacionar um caminhão de cargas em uma doca de descarregamento é uma tarefa complicada. Este é um problema de controle não linear para os quais não se aplicam métodos de projeto de controle tradicional. Em [2] foi desenvolvido um controlador baseado em uma rede neural para controlar as manobras do caminhão automaticamente, e em [1] é proposta uma estratégia controle Fuzzy para este problema.

O controlador neural [2] utiliza apenas dados numéricos e não pode utilizar regras linguísticas, baseada no conhecimento do especialista para dirigir; já no outro controle proposto [1] são utilizadas somente as regras linguísticas e não pode-se utilizar os dados numéricos de medições. O problema de controle de manobras de estacionamento será implementado utilizando o método proposto neste artigo para geração da base de regras Fuzzy. Vale ressaltar a distinção entre tais métodos: método neural, método Fuzzy puro e o método proposto para geração da base de regras Fuzzy.

Os resultados de [1] apresentam uma performance superior do controlador Fuzzy em relação ao controlador neural. No entanto o controlador Fuzzy e o controlador neural usam informações diferentes para construção de suas estratégias de controle. É possível que as informações usadas pelo controlador Fuzzy sejam mais completas e contenham mais informações que os dados numéricos usados na construção do controlador neural. Esta análise pode ser um pouco injusta, pode haver caso em que as regras linguísticas do controlador Fuzzy estejam incompletas, e os dados numéricos contenham um banco de dados com ótimos pares de pontos, sendo assim possível um melhor desempenho do controlador neural frente ao controlador Fuzzy.

O problema do controle de manobras de um caminhão de cargas tornou-se um problema padrão na área de lógica Fuzzy e está ilustrado na Figura fig:truck. O problema é projetar um controlador para estacionar o caminhão em uma doca de carregamento a partir de qualquer posição inicial. θ é o ângulo de controle do caminhão.

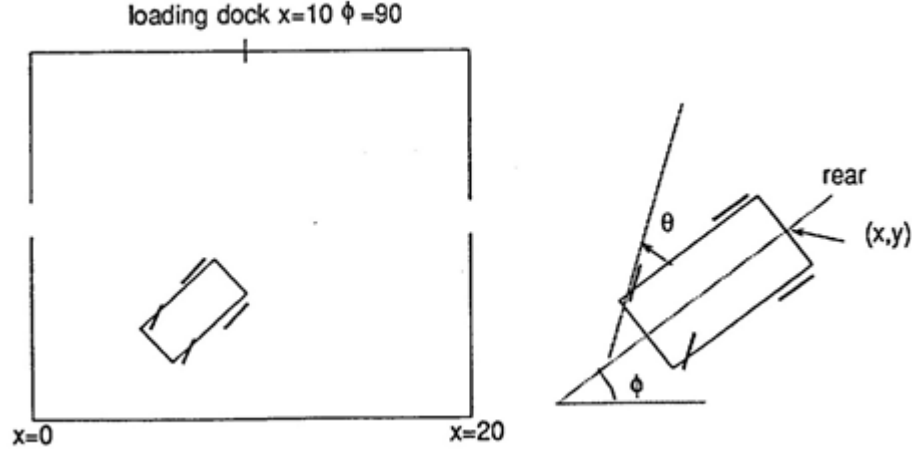


Figura 1: Diagrama de simulação de um caminhão da zona de carga

A posição do caminhão é determinada por três variáveis de estado: ϕ , x e y , onde ϕ é o ângulo entre o caminhão e o plano horizontal conforme observado na Figura 1.

Somente o backup é considerado, ou seja, o caminhão se desloca para trás de uma unidade fixa de espaço em cada etapa de manobra. Para simplificar o problema, assume-se que há espaço suficiente entre o veículo e a doca de carga de tal maneira que não será considerada como uma entrada na modelagem dinâmica do sistema.

O objetivo do problema aqui proposto é levar o caminhão a um estado final denotado matematicamente por $(x_f, \phi_f) = (10, 90^\circ)$ a partir de um estado inicial definido por $\phi \in [-90^\circ, 270^\circ]$ e $x \in [0, 20]$ e $\theta \in [-40^\circ, 40^\circ]$.

A geração dos dados de entrada e saída (x, ϕ, θ) é feita por tentativa e erro, isto é, em todas as tentativas mede-se as entradas x e ϕ e a saída θ com base no senso comum (baseado na experiência de como se controla o ângulo de direção na situação). Depois de algumas manobras, é realizada uma trajetória suave com base nos pares entrada-saída desejados.

Os quatorze estados iniciais usados para geração dos pares entrada-saída desejados são: $(x_0; \phi_0) = (1, 0), (1, 90), (1, 270); (7, 0), (7, 90), (7, 180), (7, 270); (13, 0), (13, 90), (13, 180), (13, 270); (19, 90), (19, 180), (19, 270)$.

As equações 1, 2 e 3 descrevem a dinâmica do sistema.[4]

$$x(t+1) = x(t) + \cos(\phi(t) + \theta(t)) + \sin(\theta(t))\sin(\phi(t)) \quad (1)$$

$$y(t+1) = y(t) + \cos(\phi(t) + \theta(t)) - \sin(\theta(t))\cos(\phi(t)) \quad (2)$$

$$\phi(t+1) = \phi(t) - \sin^{-1}\left(\frac{2\sin(\theta(t))}{b}\right) \quad (3)$$

Onde b é tamanho do caminhão. Aqui assumisse $b = 4$ nas simulações deste artigo. As equações 1-3 são usadas para a dinâmica dos estados, quando a posição e o ângulo de controle são fornecidos. Uma vez que y não está sendo levando em consideração, somente as equações 1 e 3 serão computadas nas simulações. Observe que o modelo dinâmico do sistema é não linear e que os pares para geração dos dados foi obtido em [4].

3 Solução do Problema com Lógica Fuzzy

O problema de estacionamento do caminhão é um exemplo clássico de aplicação de lógica Fuzzy em sistemas de controle. [3]

A solução do problema aqui se dá em cinco etapas:

- **Etapla 1:** Definir as entradas e saídas do sistema como funções de pertencimento em regiões do espaço Fuzzy (ver Figuras 2 a 5).
- **Etapla 2:** Geração das regras a partir das entradas e saídas (ver Figuras 6 e 7)
- **Etapla 3:** Atribuir um grau (peso) a cada regra (aqui foram todas igualmente relevantes, ou seja, todas as regras com peso unitário)
- **Etapla 4:** Determinar um mapa baseado nestas regras Fuzzy. (ver Figura 8).

Uma vez que as regras de inferência foram definidas com o toolbox do Matlab, a dinâmica do sistema (equações 1 a 3) do estacionamento foi implementada no Simulink, como pode ser visto na Figura 9.

4 Conclusões e Resultados

Como pontos de partida iniciais, escolheu-se para uma altura $y = 5$, as coordenadas $(x, \phi) = (3, -30^\circ), (10, 220^\circ)$ e a saída sempre convergiu para $(x, \theta) \rightarrow (10, 0)$, ou seja, o caminhão sempre se alinhava com a doca ($= 0^\circ$) na posição $x = 10$, como poder ser visto na Figura 10.

Outra aplicação nativa do Matlab também aplica regras Fuzzy para controlar a trajetória do caminhão. Para rodar a simulação digite no workspace do Matlab

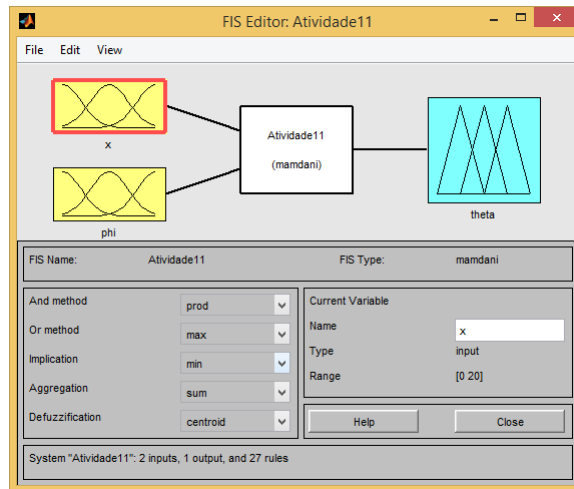


Figura 2: Entradas (x e ϕ) e saídas (θ) nas regiões do espaço Fuzzy

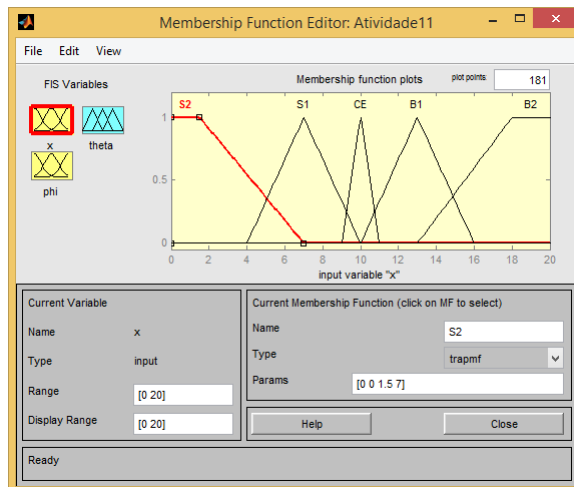


Figura 3: Funções de pertencimento para a entrada x

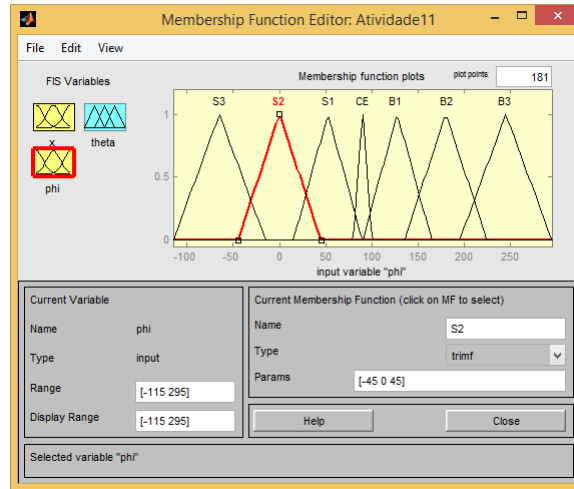


Figura 4: Funções de pertencimento para a entrada ϕ

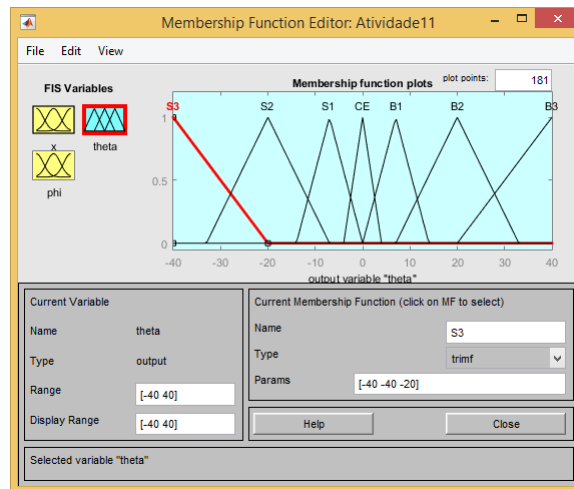


Figura 5: Funções de pertencimento para a saída θ

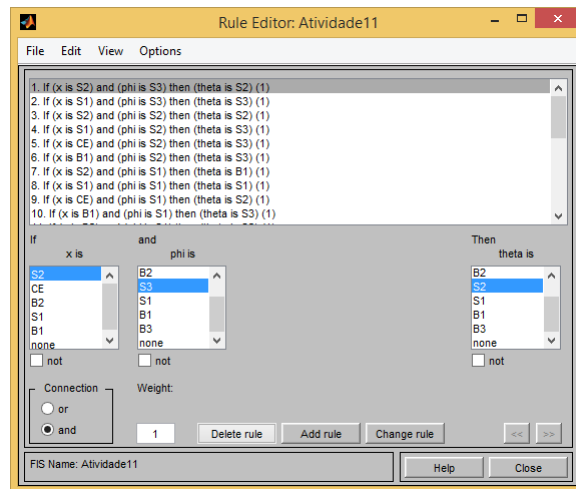


Figura 6: Definição das regras Fuzzy baseado nas entradas e saídas

		X				
		S2	S1	CE	B1	B2
ϕ	S3	S2	S3			
	S2	S2	S3	S3	S3	
	S1	B1	S1	S2	S3	S2
	CE	B2	B2	CE	S2	S2
	B1	B2	B3	B2	B1	S1
	B2		B3	B3	B3	B2
	B3				B3	B2

Figura 7: Tabela de regras Fuzzy: saída e entradas x e ϕ , fonte: [3]

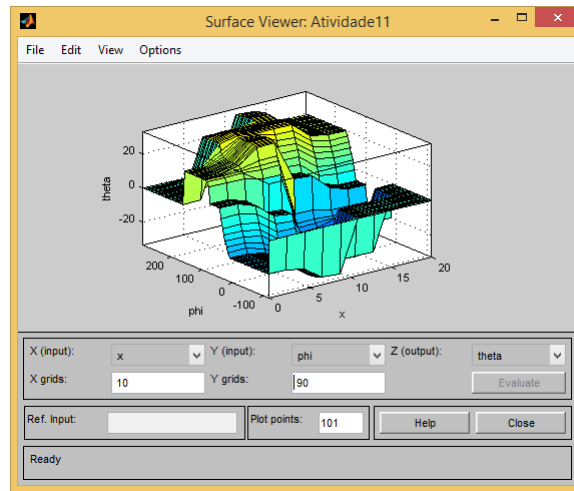


Figura 8: Mapeamento do espaço Fuzzy: saída e entradas x e ϕ

sltbu e o modelo da Figura 11 abrirá no Simulink. Ao executar a simulação, uma animação mostrará a trajetória do caminhão até a doca, conforme visto na Figura 12.

A aplicação das regras Fuzzy no problema do estacionamento mostraram-se eficientes na solução do problema e são ótimos exemplos como elucidação dos conceitos das teorias nebulosas.

Referências

- [1] Seong-Gon Kong and Bart Kosko. Comparison of fuzzy and neural truck backer-upper control systems. In *Neural Networks, 1990., 1990 IJCNN International Joint Conference on*, pages 349–358. IEEE, 1990.
- [2] Derrick Nguyen and Bernard Widrow. Truck backer-upper: an example of self-learning in neural networks. In *Orlando'90, 16-20 April*, pages 596–602. International Society for Optics and Photonics, 1990.
- [3] L-X Wang and Jerry M Mendel. Generating fuzzy rules by learning from examples. *IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics*, 22(6):1414–1427, 1992.
- [4] Li-Xin Wang and Jerry M Mendel. *Generating fuzzy rules from numerical data, with applications*. Signal and Image Processing Institute, University of Southern California, Department of Electrical Engineering-Systems, 1991.

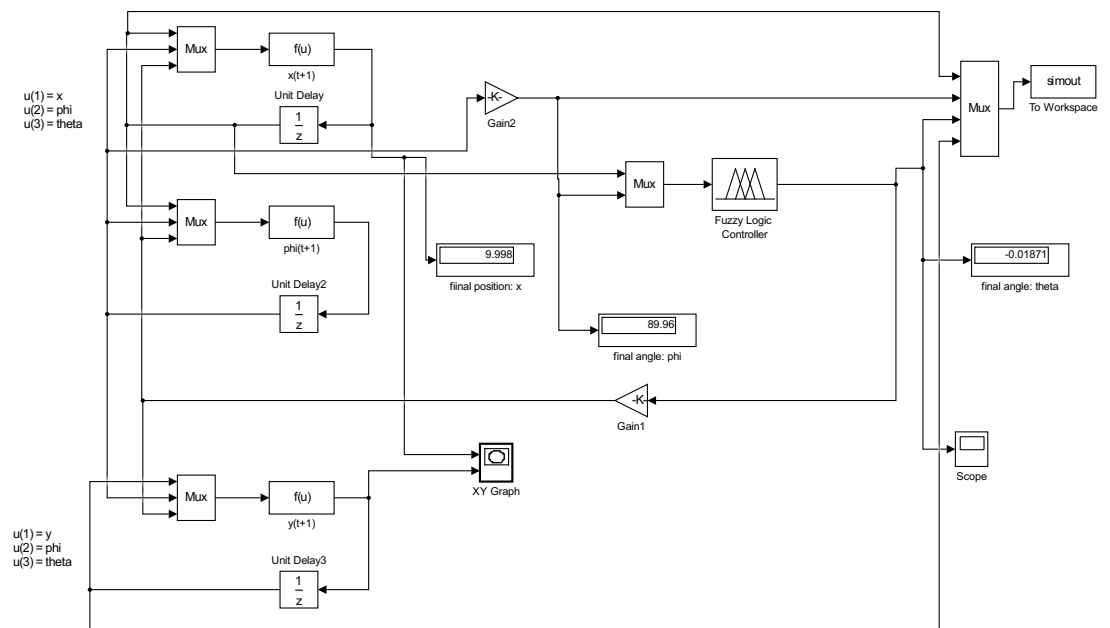


Figura 9: Dinâmica do sistema do estacionamento

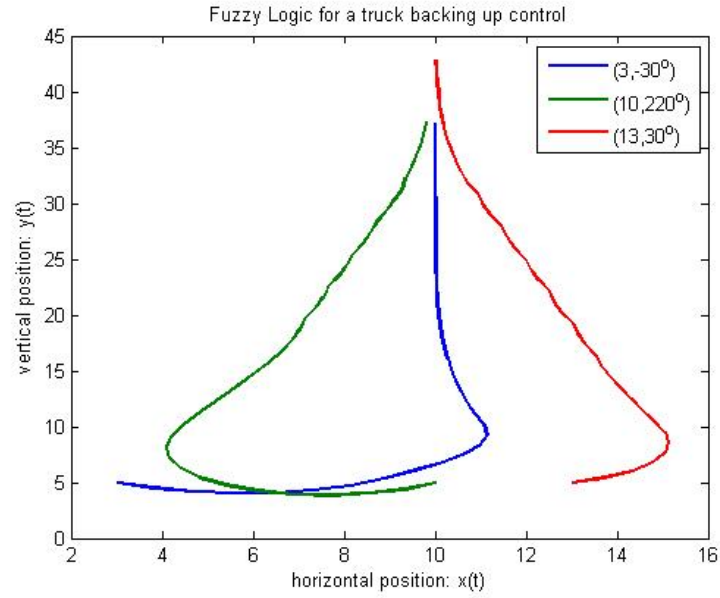


Figura 10: Trajetória do caminhão para alguns pontos iniciais

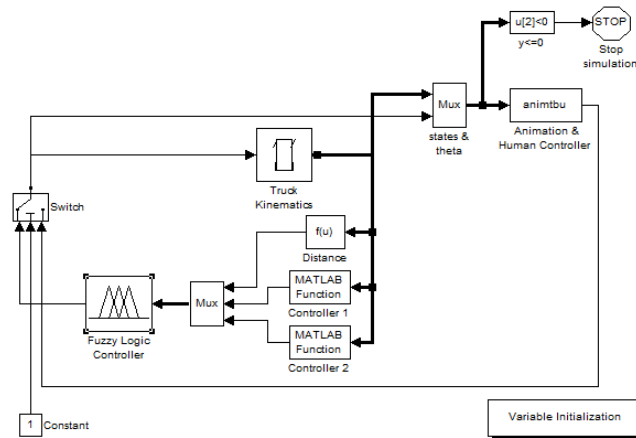


Figura 11: Modelo do simulink: **sltbu**

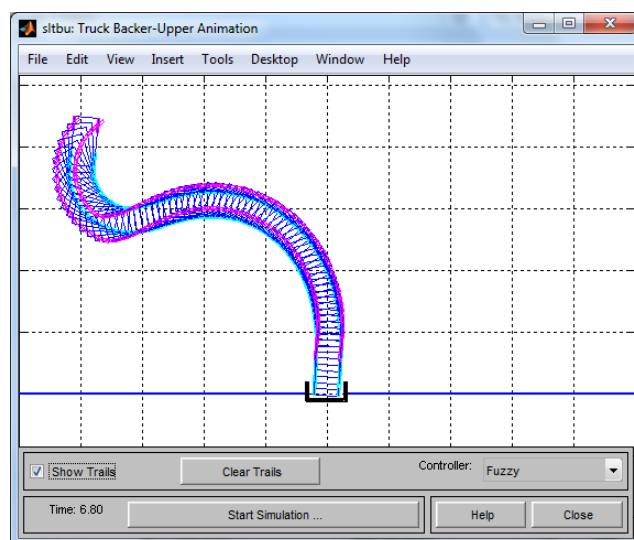


Figura 12: Trajetória do caminhão: **sltbu**