

# Controlador *fuzzy* para motorista virtual

Emmanuel Podestá Jr., Gustavo Zambonin\*

Inteligência Artificial (UFSC – INE5430)

## 1 Introdução

A lógica difusa (*fuzzy logic*) é uma alternativa muito comum à lógica Booleana quando mostra-se necessário lidar com o conceito de verdade não-absoluta, ou parcial; ou seja, quando os valores verdade de variáveis ou predicados não são exatamente 0 ou 1, mas qualquer valor nesta amplitude. Nestes casos, o valor verdade é geralmente obtido a partir de observações sob conhecimento inexato ou incompleto, que precisam ser mapeadas de modo a serem úteis para o raciocínio e a produção de um resultado útil.

A partir deste modelo, é possível estender o conceito matemático de teoria dos conjuntos para que estes sejam definidos de modo que seus elementos tenham níveis de pertinência, generalizando conjuntos clássicos (onde elementos apenas podem, ou não, pertencer ao conjunto): nota-se que a função de pertinência de um conjunto clássico retorna apenas valores 0 ou 1; em um conjunto difuso, esta pode gerar valores diferentes.

Neste trabalho, a lógica difusa é aplicada no contexto de estacionamento de um “caminhão”, posicionado em um plano cartesiano com certa marcação como o “alvo”. Esta situação requiere várias deduções a partir de conhecimento não necessariamente correto, na vida real. As ferramentas utilizadas para a comunicação com o servidor fornecido foram a linguagem Python 3, junto da biblioteca `scikit-fuzzy`, parte de um ecossistema focado em computação científica e numérica chamado `SciPy`.

## 2 Desenvolvimento

O “motorista” recebe a posição atual do caminhão no plano cartesiano, bem como o ângulo de seu veículo, normalizado a partir de uma simples fórmula, condizente com o comportamento do servidor. Com estas informações, é necessário tomar uma decisão sobre como avançar para estacionar da melhor maneira possível. Utilizando os conjuntos especificados na Figura 1, uma série de regras são aplicadas para determinar o próximo movimento do caminhão. Tais regras denotam comportamentos de acordo com os dados recebidos. Alguns exemplos são listados abaixo. É necessário apontar que caso o caminhão esteja muito próximo de uma das bordas do plano cartesiano, o comportamento do motorista será indefinido. O caminhão apenas pode movimentar-se “de ré”.

- caso o caminhão esteja no primeiro quadrante e sua parte traseira esteja apontando para cima, é necessário virá-lo para a direita, e centrá-lo no eixo das abscissas caso necessário;
- caso o caminhão esteja no segundo quadrante e sua parte traseira esteja virada para a direita, é necessário apenas virá-lo levemente para a esquerda até que o ângulo esteja correto, e continuar acelerando até o destino;
- caso o caminhão esteja no terceiro quadrante, suficientemente perto do eixo das abscissas, e sua parte traseira esteja virada para a direita, é necessário virá-lo para a direita até que seja possível fazer uma nova curva para a esquerda, de modo a centrá-lo neste eixo;
- caso o caminhão esteja no quarto quadrante, perto do centro do plano cartesiano, com sua parte traseira virada para baixo, o motorista deve apenas acelerar e fazer pequenas correções para o lado contrário de sua localização no plano;
- caso o caminhão esteja no primeiro quadrante e sua parte traseira esteja apontando para a esquerda, é necessário virá-lo para a direita até que seja possível iniciar uma nova curva para a esquerda, de modo a centrá-lo no eixo das abscissas.

Vetores numéricos são utilizados para representar o estado do caminhão no plano cartesiano, compostos de variáveis contendo sua posição, ângulo atual e o nível de intensidade que uma curva deve ser feita de acordo com estes dados. Então, uma operação de minimização é aplicada a cada um dos vetores, construídos de acordo com o comportamento desejado. A minimização funciona, a grosso modo, de forma análoga a uma porta lógica AND, e serve para que todas as variáveis numéricas possam influenciar no valor final, construindo um vetor que representa fielmente a regra. Após este

---

\*{emmanuel.podesta,gustavo.zambonin}@grad.ufsc.br

processo, é necessário maximizar cada uma das coordenadas dos vetores do passo anterior. A maximização funciona de modo inverso à minimização e representa, grosseiramente, a aplicação de uma porta OR sobre os vetores, para que todas as regras sejam consideradas no resultado final. Por fim, ocorre a “defuzzificação” destes dados utilizando o método do centroide, escolhido em virtude do estilo de função de pertinência utilizado – neste caso, triangular.

A escolha dos parâmetros corretos para criar os conjuntos difusos, bem como a criação de regras para diversos comportamentos que naturalmente seriam triviais, são pontos que necessitaram de grande atenção no desenvolvimento do trabalho, visto que ajustes feitos para casos específicos podem vir a afetar movimentos que seriam óbvios e/ou fáceis de modelar. Assim, buscou-se um balanço entre a abrangência das regras e o tempo gasto na construção de “bons” conjuntos.

A definição dos intervalos dos conjuntos difusos, por exemplo, precisa de grande consideração para escolher valores sensatos, de modo a representá-los corretamente no formato triangular da função de pertinência. Adicionar regiões nos extremos da amplitude do universo é uma possível melhoria, que tem como objetivo melhorar a representação dos dados localizados nos conjuntos.

O programa responsável por controlar o motorista pode ser encontrado em `truck_driver.py`, e o servidor, em `fuzzy_truck_contest.jar`. Após executar o JAR e abrir o soquete para comunicação, o “motorista” pode ser iniciado.

### 3 Conclusão

O desenvolvimento do controlador *fuzzy* proporciona aos programadores grande liberdade para escolha do amálgama de estratégias para produzir um bom resultado. Embora esta liberdade não seja possível sem seus malefícios (como, por exemplo, a dificuldade na escolha da combinação de algoritmos, discutida nos parágrafos anteriores), permite a abrangência de uma maior gama de problemas. Assim, com a modelagem correta, a lógica difusa faz parte do ferramental disponíveis em diversos âmbitos, como um modelo matemático que representa a imprecisão. O “motorista” implementado aqui é apenas um simples exemplo, utilizado de modo didático para introduzir tais conceitos.

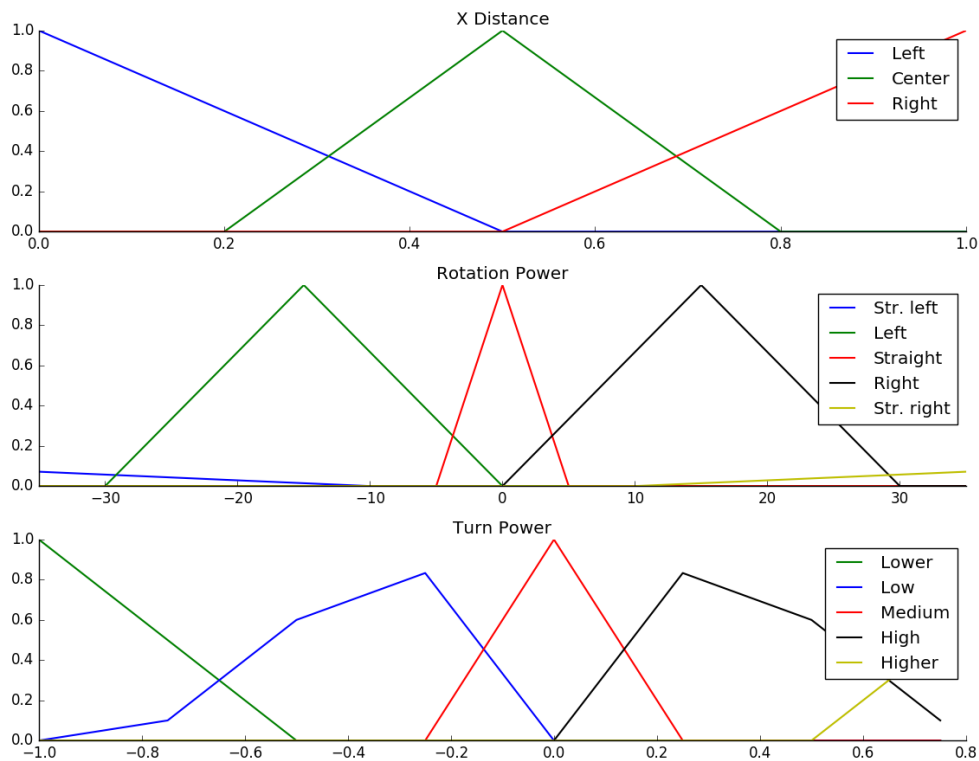


Figura 1: Conjuntos utilizados na definição do problema. Respectivamente, mostram a posição do caminhão no eixo das abscissas (em um intervalo  $[0, 1]$ ), ângulo em que o caminhão se encontra (em um intervalo normalizado) e quanto este deve virar (por limitações do servidor, o veículo deve girar no máximo  $30^\circ$  para um dos lados, e isto é fornecido ao servidor como um valor dentro do intervalo  $[-1, 1]$ ). Não foi necessário a definição de uma terceira partição para classificar a posição do caminhão no eixo das ordenadas.