

### A.3 Atividade III – Controle de ultrapassagem de um veículo terrestre autônomo

#### A.3.1 Discussão sobre a modelagem do problema

A atividade de avaliação em questão é individual e consiste da modelagem e implementação de um sistema de inferência nebulosa (SIN) para controlar o momento de ultrapassagem de um veículo terrestre autônomo (VTA) sobre um outro veículo que esteja à sua frente em um segmento de uma estrada sem curvas.

O problema a ser resolvido, a decisão a ser tomada ou, ainda, a saída do sistema deve indicar se a ultrapassagem deve ou não iniciada, considerando os dados e as condições de entrada. Ou seja, a resposta que se quer é saber se as condições avaliadas indicam se este é ou não o momento da ultrapassagem.

Apesar do segmento da estrada ser reto, sem curvas ou desvios, as condições a seguir - e não se restringindo a apenas essas -, devem ser consideradas:

- nada impede que existam subidas, descidas ou lombadas no trecho onde será feita a ultrapassagem;
- a estrada não apresenta nenhuma interrupção física, p. ex., um bloqueio, que possa impedir a passagem dos veículos;
- no trecho de ultrapassagem podem existir pontes, viadutos, cruzamentos ou passagens de nível.

Apenas como proposta para início da modelagem do problema, para esta atividade serão apresentados um conjunto de variáveis linguísticas e as condições para o início da ultrapassagem. As variáveis linguísticas propostas são:

- distância. Se a distância até o veículo a frente é adequada para iniciar a ultrapassagem;
- permissão. Se o trecho da estrada permite ultrapassagem, considerando a legislação de trânsito;
- pista. Se a pista contrária encontra-se livre, sem nenhum obstáculo ou veículo no sentido contrário;
- velocidade. Se a velocidade relativa ao veículo a frente é adequada para iniciar a ultrapassagem;
- visibilidade. Se o trecho da estrada apresenta boas condições de visibilidade;

As condições propostas para início do raciocínio de quando a ultrapassagem deve acontecer são SE a distância entre o VTA e o veículo a frente for relativamente pequena e adequada e, ainda, SE a velocidade do VTA em relação ao veículo a frente for maior e adequada; SE o trecho em que os veículos se encontram permite ultrapassagem; SE

a pista contrária encontra-se livre de qualquer obstáculos; e SE existe visibilidade para a ultrapassagem com segurança.

As distância e velocidades relativas entre os veículos são, de fato, importantes questões a serem avaliadas e devem ser combinadas como uma só questão. Visto que, neste caso, são grandezas físicas que atuam juntas no sistema do mundo real que permite a ultrapassagem entre dois veículos.

Simplificadamente, a distância mínima de segurança entre dois veículos que trafegam no mesmo mesmo sentido e na mesma via deve ser de  $5\text{ m}$  a cada  $16\text{ km/h}$ . A proposta, então, é tomar a razão entre a distância e a velocidade (transformada para  $\text{m/s}$ ) relativas entre os veículos. Ou seja, calcular o intervalo de tempo em segundos entre os veículos e tomá-lo como uma referência na decisão de iniciar a ultrapassagem (Expressão A.1).

$$16\text{ km/h} = (16 \div 3,6)\text{ m/s} \approx 4,44\ldots\text{ m/s} \Rightarrow \text{tempo} = 5\text{ m} \div 4,44\ldots\text{ m/s} \approx 1,125\text{ s} \quad (\text{A.1})$$

Ainda como proposta, não é necessário a utilização de todas as variáveis no modelo de inferência e novas variáveis, se necessárias, podem ser incorporadas ao modelo. Além disso, as variáveis propostas podem ser combinadas, gerando novas variáveis, ou variáveis derivadas das originais.

Apenas como exemplo, um modelo de inferência para a solução deste problema poderia combinar as variáveis *pista* e *visibilidade*. Na prática, cria-se uma nova variável linguística com termos linguísticos que devem cobrir as possibilidades combinadas dos termos das variáveis originais.

Ou seja, supondo que

$$T(\text{pista}) = \{\text{LIVRE}, \text{OBSTRUÍDA}\} \text{ e } T(\text{visibilidade}) = \{\text{BOA}, \text{MÉDIA}, \text{RUIM}\},$$

então, os termos linguísticos da nova variável deve cobrir as combinações dos termos linguísticos das variáveis originais. Tais combinações são:

- *LIVRE + BOA*;
- *LIVRE + MÉDIA*;
- *LIVRE + RUIM*;
- *OBSTRUÍDA + BOA*;
- *OBSTRUÍDA + MÉDIA* e
- *OBSTRUÍDA + RUIM*.

### A.3.2 Notas e lembretes sobre modelos nebulosos e sistemas de inferência nebulosa

O “passo 0” de todo e qualquer sistema onde se quer descobrir algo deve ser a definição da pergunta a ser investigada e como a mesma deve ser respondida. Ou seja, o que se quer saber e qual a “variável” que vai trazer resposta, isto é, qual a variável de saída.

A definição do modelo de inferência nebulosa deve seguir o esquema geral de um SIN com as suas três etapas, que são, fuzzificação, inferência e defuzzificação (Fig. 3.1).

Na fuzzificação, deve ser definido as variáveis linguísticas que serão parte do modelo – o próprio enunciado traz elementos necessários para selecionar ou criar as variáveis do modelo ou, pelo menos, para iniciar um raciocínio para tal.

Com as variáveis definidas, em seguida, deve-se determinar os termos linguísticos (valores linguísticos) de cada variável e as funções de pertinência (conjuntos nebulosos) que representarão os termos, finalizando a fuzzificação.

Na segunda etapa, a inferência, devem ser criadas as regras de inferência e definido o modelo de inferência – em geral, Mamdani ou Larsen (ver Seção 3.4). A etapa seguinte, a defuzzificação, como se sabe, pode ser iniciada durante a parte final da inferência.

Para a defuzzificação, a terceira etapa, deve-se tomar a variável de saída – definida no “passo 0” – e, se forem usados os modelos Mamdani ou Larsen, devem ser definidos os termos linguísticos (valores linguísticos) da variável de saída e as funções de pertinência (conjuntos nebulosos) que representarão os termos. Por fim, ainda na defuzzificação, define-se qual será o método de defuzzificação.

Acima foram relacionam os elementos (etapas, representações e valores) de um modelo de inferência nebulosa, que são, nesta atividade:

- na fuzzificação, as variáveis linguísticas de entrada, termos linguísticos de cada variável e as funções de pertinência que representam os termos;
- na inferência, as regras de inferência e o modelo de inferência;
- na defuzzificação, a variável linguística de saída, seus termos linguísticos, as funções de pertinência que representam os termos e o método de defuzzificação.

A partir deste ponto, com todos esses elementos definidos, isto é, com o modelo de inferência nebulosa definido, pode ser iniciada a implementação do SIN.