

Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics

Modelagem de Consumo de Combustível de um Veículo Sujeito a Trânsito usando Sistemas com Saltos Markovianos

Diogo Henrique de Melo¹

Departamento de Ciência da Computação e Matemática Computacional, USP, São Carlos, SP

Eduardo Fontoura Costa²

Departamento de Ciência da Computação e Matemática Computacional, USP, São Carlos, SP

Resumo. Este trabalho aborda um modelo que busca otimizar o consumo de um veículo ao longo de um percurso sujeito a trânsito. O modelo do veículo utiliza um sistema com saltos Markovianos e parâmetros de fácil ajuste, como curva de potência e massa.

Palavras-chave: modelagem, otimização, sistemas Markovianos, modelos estocásticos.

1 Introdução

O problema de minimização de consumo de energia na operação de um veículo é claramente importante, pois além de aspectos econômicos, é de relevância social e ambiental. Uma abordagem interessante refere-se a minimização do consumo aproveitando o gerenciamento das energias potencial gravitacional e cinética ao longo de um percurso. Essa abordagem foi tratada por [1], levando em conta um modelo relativamente simples para representar o deslocamento do veículo, permitindo o levantamento de parâmetros de forma rápida e eficiente, enquanto outras abordagens utilizam, por exemplo, complexas equações termodinâmicas [2], dificultando alguns ajustes. O modelo de [1] é descrito por

$$\begin{aligned} x_{k+1} &= x_k + v_k \Delta t, \\ v_{k+1} &= \sqrt{v_k^2 - 2g\Delta h_k + 2\Delta t \left(\frac{P(v_k, u_k) - c_2 v_k^2}{m} \right)}, \end{aligned} \quad (1)$$

sendo que as variáveis de estado x_k e v_k representam posição e velocidade do veículo em um instante discretizado $t = k\Delta t$, sendo Δt o período amostral, u_k é a entrada de controle representando o fluxo de combustível entrando no motor, com $0 \leq u \leq 1$, a função $h(x)$ descreve a altitude do veículo em um ponto x sendo Δh_k a variação de altitude nos instantes k e $k + 1$ e g a aceleração da gravidade. A função $P(v_k, u_k)$ descreve a potência

¹diogo_melo@usp.br

²efcosta@icmc.usp.br

fornecida ou absorvida pelo motor em função da velocidade v e do controle u . O total de combustível utilizado no intervalo de tempo $[0; T]$ é escrito simplesmente por $\sum_{k=0}^T u_k \Delta t$.

Contudo, o modelo acima desconsidera efeitos de perturbação que incidem na implementação da solução ótima, principalmente por trânsito de outros veículos, que pode ser representado por eventos aleatórios de redução de velocidade.

2 Métodos

Esses eventos intervenientes decorrentes da inserção de trânsito serão modelados por cadeias de Markov, levando um modelo com saltos markovianos na forma

$$v_k = a_{r(k)} \sqrt{v_k^2 - 2g\Delta h_k + 2\Delta t \left(\frac{P(v_k, u_k) - c_2 v_k^2}{m} \right)}, \quad (2)$$

em que $r(k)$ é o estado de uma cadeia de Markov assumindo valores em um conjunto finito S , e a_i são valores conhecidos para cada $i \in S$, sendo que existe uma probabilidade p_{ij} de migrar do estado i para o estado $j \in S$. Desta maneira teremos v_k uma variável aleatória, assim como o consumo de combustível, que pode ser minimizado através da função

$$\min_{u_0, \dots, u_T} E \left\{ \sum_{k=0}^T u_k + q \|x(T) - \bar{x}\| \right\}, \quad (3)$$

em que \bar{x} é a posição desejada para o veículo no instante T (final do percurso) e q é um constante de ponderação.

3 Resultados e conclusão

Com o modelo de [1] foi possível obter economia média de 5% no consumo de combustível utilizando técnicas de otimização baseadas em Programação Dinâmica (PD).

Trabalhos futuros envolverão o levantamento das probabilidades p_{ij} através de simulações, e em seguida resolver o problema de otimização estocástica por PD. Também pretende-se realizar simulações e estudos de caso com a solução obtida, procurando caracterizar os efeitos da inserção do trânsito.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio financeiro da FAPESP via Procs. 2013/19380-8 e 2014/13852-8.

Referências

- [1] P. H. Affonso e E. F. Costa, Otimização de consumo de combustível em percurso de automóvel, CMAC, (2011), Uberlândia:[s.n.] p.1.
- [2] L. Guzzella and A. Sciarretta, Vehicle propulsion systems, [S.L.]: Springer, (2007).