

Trabalho de Otimizacao: Relatorio Tecnico

Aluno: Guilherme Fernandes Monteiro (RA 22403229)

Data: 30/10/2025

1. Introducao e motivacao

Este estudo investiga a trajetoria plana de um robo que deve se deslocar do ponto inicial (0,0) ao ponto final (10,10). O objetivo e minimizar a energia consumida ao longo do percurso, representada por uma integral do quadrado da velocidade com um termo adicional $\sin(t)$. A formulacao foi implementada no Pyomo e resolvida com o solver IPOPT, permitindo analisar diferentes cenarios de discretizacao e restricoes.

2. Formulacao matematica do problema

O horizonte de tempo continuo $[0, 5]$ foi discretizado em $N = 5$ subintervalos com passo $dt = 1$. Para cada instante discreto i definimos variaveis de posicao x_i e y_i . A velocidade aproximada em cada intervalo e dada por diferencas finitas. A energia total discretizada pelo metodo dos trapezios pode ser escrita como: $E = \text{somatorio}_{i=0}^{N-1} 0.5 * [(v_i^2 + \sin(t_i)) + (v_{i+1}^2 + \sin(t_{i+1}))] * dt$, onde $v_i^2 = [(x_{i+1} - x_i)/dt]^2 + [(y_{i+1} - y_i)/dt]^2$. As restricoes fixam os pontos inicial e final do robo.

3. Justificativa para a escolha do solver IPOPT

A funcao objetivo e nao linear e depende quadraticamente das variaveis de decisao. O IPOPT e um solver de programacao nao linear de ponto interior, integrado ao Pyomo, capaz de lidar com funcoes suaves e restricoes gerais. Ele e adequado para problemas de media escala, fornece diagnosticos detalhados e permite especificar bounds e derivadas analiticas.

4. Resultados numericos do caso base

Com $N = 5$ e $dt = 1$, o solver retornou status ok e condicao optimal. A energia minimizada foi 35.9497. As coordenadas otimas mostram uma trajetoria praticamente linear, com pontos aproximados: (0,0), (3.529, 3.529), (5.294, 5.294), (7.059, 7.059), (8.824, 8.824) e (10,10). O termo $\sin(t)$ pouco altera a solucao devido ao passo relativamente grande.

5. Experimentos extras e analise

- Sensibilidade em N: aumentar o numero de subintervalos preserva a trajetoria quase linear, mas modifica levemente a energia.
- Checkpoint intermediario: obrigar a passagem por (5,6) desloca a linha reta e aumenta o custo energetico.
- Penalizacao adicional: termos quadraticos em relacao ao destino ajustam a curva para favorecer aproximacao progressiva.
- Biblioteca de pistas: compara linha direta, checkpoint central e corredor guiado, evidenciando trade-offs de energia.
- Animacao: apresenta a melhor trajetoria de forma dinamica para facilitar a comunicacao dos resultados.

6. Conclusoes

O estudo confirma que a minimizacao da energia com discretizacao simples leva a uma trajetoria linear. Mesmo assim, o framework em Pyomo permite testar rapidamente novas discretizacoes, restricoes e funcoes objetivo. O IPOPT demonstrou robustez e forneceu solucoes otimas com diagnosticos claros. Os experimentos extras enriquecem a analise e justificam escolhas de modelagem para relatorios tecnicos ou

defesa do projeto.