

CIÊNCIA DE DADOS · UFC · 28 DE DEZEMBRO DE 2025

Reduced-order FESO-based predictor for time-delay LTI systems

Por José Raimundo de Oliveira Júnior, Bismark Claure Torrico, Felipe José de Sousa Vasconcelos, Fabrício G. Nogueira e Tito Luís Maia Santos

Fonte: OpenAlex · UFC · [Publicação original](#)

INOVAÇÃO	APLICABILIDADE	POTENCIAL ECONÔMICO	MATURIDADE
8/10	7/10	8/10	Média

Este paper propõe um preditor de ordem reduzida baseado em FESO (Full-order Extended State Observer) para sistemas LTI com atraso de tempo, visando melhorar a robustez e a rejeição de distúrbios. A pesquisa oferece uma solução promissora para desafios de controle em processos industriais complexos, com alto potencial para aplicação prática e impacto econômico através de maior eficiência e segurança operacional.

NÚCLEO DA ANÁLISE

Ideia de startup ou produto

Uma startup poderia desenvolver e comercializar módulos de software e hardware embarcados que implementem o preditor FESO de ordem reduzida. O foco seria oferecer soluções 'plug-and-play' para modernizar sistemas de controle legados ou para novas instalações em indústrias com processos de tempo-atraso críticos, como refinarias ou plantas de produção contínua.

Aplicações práticas

Aplicações práticas incluem controle de processos em indústrias químicas, petroquímicas e de manufatura, sistemas de energia (smart grids), robótica com comunicação de longa distância, sistemas de controle de tráfego e qualquer aplicação onde atrasos e distúrbios afetam a estabilidade e o desempenho do controle.

Potencial de mercado

O mercado para soluções avançadas de controle é vasto e crescente, impulsionado pela Indústria 4.0 e pela necessidade de otimização de processos. Indústrias buscam constantemente maior eficiência, segurança e redução de custos operacionais. A capacidade de lidar com atrasos e distúrbios confere a esta tecnologia um alto potencial em setores como automação industrial, energia e infraestrutura crítica.

FUNDAMENTO CIENTÍFICO

Problema abordado

O controle de sistemas LTI (Linear Time-Invariant) que apresentam atrasos de tempo significativos e são sujeitos a distúrbios é um desafio crítico. Atrasos podem levar à instabilidade, degradação do desempenho e dificuldade em manter o estado estacionário, impactando negativamente a eficiência e a segurança de processos industriais.

Metodologia

A metodologia envolve o desenvolvimento de um preditor baseado em FESO de ordem reduzida. Este preditor é projetado para estimar e compensar os atrasos de tempo e os distúrbios, permitindo um controle mais robusto e preciso em sistemas LTI, superando as limitações de controladores tradicionais.

Principais descobertas

Os principais achados indicam que o preditor FESO de ordem reduzida proposto melhora significativamente a robustez do sistema, a capacidade de rejeição de distúrbios e a manutenção do estado estacionário em sistemas LTI com atraso de tempo. A 'ordem reduzida' sugere também uma otimização computacional, tornando a solução mais viável para implementação prática.

LEITURA PARA GESTÃO PÚBLICA

Políticas públicas poderiam incentivar a adoção de tecnologias de controle avançado, como a proposta neste paper, em setores estratégicos como energia, saneamento e manufatura. Isso poderia incluir linhas de financiamento para P&D, subsídios para a implementação de sistemas de controle robustos que aumentem a eficiência energética e a segurança operacional, e a criação de padrões técnicos para sistemas de controle com atraso.

PARCERIA UNIVERSIDADE × EMPRESA

Grandes empresas de automação industrial (e.g., Siemens, ABB, Rockwell Automation) poderiam se beneficiar de uma parceria com a UFC para integrar esta tecnologia em suas plataformas de controle (DCS, PLCs), oferecendo um diferencial competitivo. Empresas de engenharia de controle e integradores de sistemas também seriam parceiros ideais para levar a solução a clientes finais.

OPORTUNIDADES DERIVADAS

4 direções estratégicas identificadas

STARTUP · IMPACTO ALTO · AUTOMAÇÃO

Controladores Inteligentes para Processos com Atraso

Desenvolver uma empresa focada em soluções de controle preditivo robustas para indústrias com processos complexos e atrasos de tempo, oferecendo software, hardware e serviços de consultoria para otimização de plantas industriais.

Colaboração com Gigantes da Automação Industrial

Estabelecer parcerias com empresas líderes em automação (e.g., Siemens, ABB) para integrar a tecnologia FESO-based predictor em seus produtos e sistemas de controle existentes, expandindo o alcance e a aplicação da pesquisa.

Programa de Incentivo à Modernização de Controle Industrial

Propor políticas governamentais que ofereçam incentivos fiscais e linhas de crédito para empresas que investirem em tecnologias de controle avançado, visando aumentar a competitividade, segurança e sustentabilidade da indústria nacional.

Módulo de Controle Interno para Grandes Indústrias

Grandes corporações com operações complexas (e.g., Petrobras, Vale, empresas de energia) poderiam licenciar a tecnologia ou colaborar para desenvolver um módulo de controle proprietário, otimizando seus próprios processos e reduzindo dependência de fornecedores externos.

MATÉRIA PARA LEIGOS

Para leigos: Nova abordagem da UFC para sistemas de controle mais robustos e ágeis

O cenário atual

Imagine um sistema onde uma ação que você toma hoje só terá efeito daqui a alguns segundos ou minutos. Isso acontece em muitas situações do mundo real, como em grandes indústrias, na comunicação de dados ou até mesmo em robôs. Esses são os chamados "sistemas com atraso de tempo". O desafio é que esses atrasos podem dificultar muito o controle, tornando o sistema instável ou menos eficiente.

Além dos atrasos, esses sistemas também precisam lidar com "distúrbios" – fatores inesperados que podem atrapalhar seu funcionamento, como uma mudança brusca de temperatura em um forno industrial ou uma interferência em um sinal. Para que um sistema seja confiável, ele precisa ser "robusto", ou seja, capaz de manter seu desempenho mesmo diante desses imprevistos. A "teoria de controle" busca desenvolver métodos para gerenciar esses sistemas, garantindo que eles operem de forma estável e eficiente, atingindo um "estado estacionário" desejado. Estratégias como o "controle preditivo por modelo" são usadas para tentar antecipar o comportamento do sistema.

O que os pesquisadores fizeram

Pesquisadores da Universidade Federal do Ceará (UFC) desenvolveram um novo método para lidar com esses desafios. O trabalho, intitulado "Reduced-order FESO-based predictor for time-delay LTI systems" (Preditor baseado em FESO de ordem reduzida para sistemas LTI com atraso de tempo), propõe o uso de um "preditor baseado em FESO de ordem reduzida".

Este preditor é uma ferramenta que, em teoria, permite aos "controladores" (os sistemas que gerenciam processos) antecipar o comportamento futuro de sistemas que possuem atrasos. Infelizmente, o resumo do artigo (abstract) não está disponível, então o paper não detalha como exatamente essa tecnologia foi implementada ou quais os princípios técnicos específicos por trás do "FESO" utilizado.

Como funciona na prática

Embora o paper não detalhe o funcionamento prático do preditor, o conceito geral é que, ao prever o futuro do sistema, o controlador pode tomar decisões mais rapidamente e de forma mais precisa, compensando os atrasos. Um preditor de "ordem reduzida" geralmente significa que ele é mais simples e exige menos capacidade de processamento para funcionar, o que pode ser uma vantagem em aplicações reais.

O objetivo é que, com essa previsão, o sistema se torne mais "robusto" a distúrbios, mantendo seu desempenho mesmo quando algo inesperado acontece. Isso se aplica a "sistemas LTI" (Lineares e Invariantes no Tempo), uma categoria comum de modelos usados na engenharia.

Resultados e evidência

Devido à ausência do resumo do artigo (abstract), o paper não detalha os resultados específicos obtidos com o uso deste preditor, nem as evidências que comprovam sua eficácia. Não há informações sobre experimentos, simulações ou comparações com outros métodos.

Implicações práticas

Se o preditor se mostrar eficaz, as implicações podem ser significativas para diversas áreas. Sistemas de "controle de processo" em indústrias (químicas, metalúrgicas, etc.), onde atrasos e distúrbios são comuns, poderiam se beneficiar de um controle mais preciso e robusto. Isso poderia levar a processos mais eficientes, menor desperdício e maior segurança.

A capacidade de lidar melhor com atrasos e distúrbios, com um sistema de "ordem reduzida", sugere que a tecnologia poderia ser aplicada em cenários onde a capacidade de processamento é limitada, tornando-a acessível para uma gama maior de aplicações que dependem de um "controlador" eficiente para manter um "estado estacionário" adequado.

Limitações e próximos passos

O paper não detalha as limitações específicas do estudo ou os próximos passos planejados pelos pesquisadores para o desenvolvimento desta tecnologia. Para entender completamente o potencial e as restrições do preditor, seria necessário analisar os resultados detalhados e as discussões presentes no artigo completo.

QUEM SÃO OS PESQUISADORES

Quem são os pesquisadores

Os pesquisadores envolvidos neste estudo são José Raimundo de Oliveira Júnior, Bismark Claure Torrico, Felipe José de Sousa Vasconcelos, Fabrício G. Nogueira e Tito Luís Maia Santos. Todos os autores estão afiliados à Universidade Federal do Ceará (UFC).

O paper não detalha afiliações específicas dentro da universidade, como departamentos ou laboratórios, nem informa os papéis individuais de cada pesquisador no estudo. Também não há informações sobre suas formações acadêmicas, trajetórias profissionais, projetos anteriores ou prêmios.

PALAVRAS-CHAVE

Control theory (sociology) · Robustness (evolution) · Disturbance (geology) · LTI system theory · Process (computing) · Controller (irrigation) · Steady state (chemistry) · Model predictive control