ISSN:2594-6153

Inteligência Artificial e Lógicas Paraconsistentes Modernas: Uma Ferramenta de Apoio à Resolução de Inconsistências em Indústrias

Thyrson Niênio Rodrigues Sousa; João Inácio da Silva Filho

Programa de Pós-graduação Mestrado e Doutorado em Engenharia Mecânica-PPGEMec Universidade Santa Cecília – UNISANTA, Santos, Brasil.

E-mail: thyrson@uol.com.br

Resumo: Este artigo apresenta a temática do uso da Inteligência Artificial integrada à Lógica Paraconsistente que permite lidar com dados incertos, incompletos e contraditórios sem interromper o processo de análise. A LPA2v representa e trata evidências favoráveis e desfavoráveis, sendo útil em automação, controle industrial, manutenção preditiva, robótica e apoio à decisão. Essa integração no controle de técnicas que tratam informações inconsistentes torna os sistemas industriais mais robustos, inteligentes e capazes de tomar decisões diante de informações conflitantes.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Lógica Paraconssitente; Automação Industrial; Tomada de Decisão; Controle industrial.

Modern Artificial Intelligence and Paraconsistent Logics: A Tool to Support Inconsistency Resolution in Industry

Abstract: This article addresses the use of Artificial Intelligence integrated with Paraconsistent Logic, which enables the handling of uncertain, incomplete, and contradictory data without interrupting the analysis process. PAL2v represents and processes both favorable and unfavorable evidence, proving useful in automation, industrial control, predictive maintenance, robotics, and decision support. Integrating this approach into the control of systems that handle inconsistent information makes industrial systems more robust and intelligent, capable of making decisions in the face of conflicting information.

Keywords: Artificial Intelligence; Paraconsistent Logic; Industrial Automation; Decision Making; Industrial Control.

Introdução

A transformação digital aumentou o volume de dados industriais, que podem ser incompletos, imprecisos ou contraditórios. A Lógica Paraconsistente permite processar essas informações conflitantes sem comprometer o raciocínio, sendo aplicada em áreas como Inteligência Artificial, automação, robótica e controle de processos. Sobre a técnica que utiliza a LPA em robótica, destacam-se os trabalhos [1] e do Grupo de Lógica Paraconsistente Aplicada (GLPA), da UNISANTA.

Lógica Paraconsistente - A Lógica Paraconsistente é uma lógica não clássica que permite trabalhar com informações contraditórias sem interromper o processo de raciocínio. Em vez de considerar apenas se uma proposição é verdadeira ou falsa, ela permite avaliar graus de evidência favorável e desfavorável. Assim, a contradição deixa de ser necessariamente um erro a ser eliminado e passa a ser uma informação que pode ser analisada. Essa característica é especialmente útil em sistemas de IA que recebem dados de diferentes fontes.

Lógica Paraconsistente Anotada – LPA2v: Entre as abordagens estudadas pelo GLPA destaca-se a Lógica Paraconsistente Anotada com anotação de dois valores (LPA2v). Nela, uma informação é representada por uma anotação An composta por dois graus de evidência, um favorável a respeito de uma proposição P e o outro desfavorável, que possuem as seguintes representações: **"μ"** – grau de evidência favorável;

"λ" – grau de evidência desfavorável.

Ambos pertencem ao conjunto dos números reais e variam entre 0 e 1.

Estes graus de evidencia sempre existem simultaneamente e são originados de fontes distintas. Na aplicação da PAL2v, um especialista humano poderá elaborar um modelo para aplicação da PAL2v onde dois sensores de temperatura FT1 e FT2, podem ser considerados as fontes de informação F1 e F2, respectivamente. Considerando que estes valores de temperaturas próximos um do outro signifique que o sistema está otimizado, o especialista inicialmente fixa uma proposição do tipo: P: O sistema de produção está otimizado. Ele também pode decidir que os dois sensores trabalham um universo de Discurso (UD) com Intervalos de Interesse iguais, por exemplo:

Temperatura máxima Tmax =220 ºC e Temperatura Mínima Tmin =120 ºC.

Na modelagem, o especialista também estabelece uma equação de trabalho do tipo MaxMin que fará a transformação destes valores em graus de evidencia da seguinte forma:

Se Valor T Medido > Tmax, então μ = 1

Se Valor T Medido < Tmin, então μ = 0

Senão: $$\mu = \frac{\text{Valor T Medido} - \text{Tmin}}{\text{Tmax} - \text{Tmin}}$$

Com esta modelagem inicial o sistema de analise PAL2v, estará pronto para funcionar tratando sinais contraditórios, conforme o exemplo a seguir: - Se, em um instante do processo, em que as temperaturas deveriam ser iguais e o Sensor 1 estiver medindo FT1=200ºC e o Sensor 2 FT2=145ºC, então existe uma contradição entre os medidores. Portanto, para o Sensor

T1 o valor do grau de evidência gerado será $\mu_1 = 0{,}80$ e para o Sensor T2 será $\mu_2 = 0{,}35$. Para considerar a Fonte de Informação 2 como geradora da evidencia desfavorável faz-se o seu complemento: $\lambda = 1 - \mu 2$, o que resulta em e $\lambda = 0{,}65$. Este exemplo mostra que se medidores calibrados apresentarem resultados diferentes o sistema LPA2v pode registrar e tratar a inconsistência, preservando as duas evidências em vez de simplesmente escolher uma delas. Dessa maneira, a inconsistência é incorporada ao processo de decisão.

O Cálculo Paraconsistente: para tomar uma decisão, a LPA projeta esses valores em dois eixos principais: 1 - **Grau de Certeza H**: Mede o equilíbrio em direção à verdade ou à falsidade. $H = \mu - \lambda = 0{,}80 - 0{,}65 =$ **0,15**

2 - **Grau de Contradição G**: Mede o nível de conflito ou inconsistência dos dados. $G=(\mu + \lambda)-1 =(0{,}80+0{,}65)-1=$**0,45**

A figura 1 apresenta o gráfico (reticulado) que ilustra exatamente onde a análise do sensor de temperatura se posiciona.

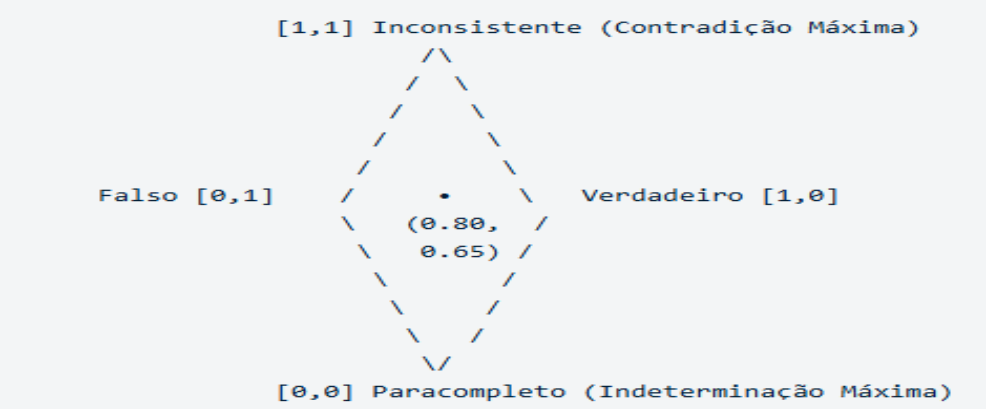

Figura 1. Reticulado associado à PAL2v onde se ilustra a análise do sensor de temperatura.

Na figura 2 é mostrado o mapeamento no Plano de Decisão. Verifica-se que plotando o Grau de Certeza (H) no eixo horizontal e o Grau de Contradição (G) no eixo vertical, obtém-se o diagnóstico visual representado na figura.

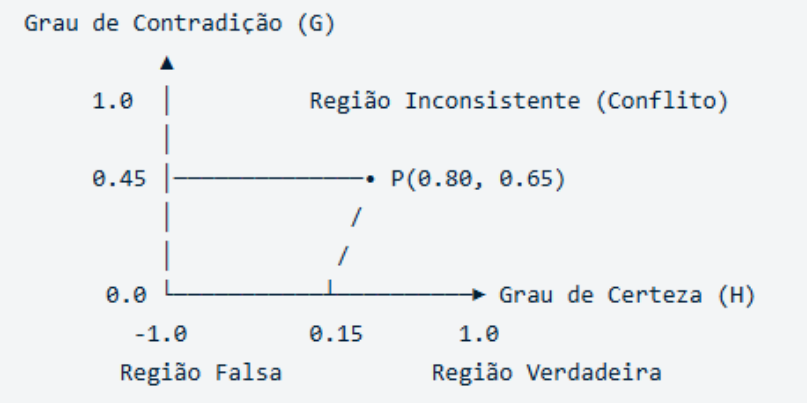

Figura 2. Mapeamento no Plano de Decisão após analise com a LPA2v.

Interpretação Prática do Exemplo:

1. Análise dos Dados: Existe uma forte evidência favorável ao sensor (μ = 0,80), mas simultaneamente há uma evidência desfavorável considerável (λ= 0,65). **2.** Resultado Técnico: O Grau de Contradição resultante é significativamente alto (G = 0,45). Em sistemas normais (lógica clássica), isso geraria um travamento ou erro por incompatibilidade de dados (princípio da explosão). 3. **Tomada de Decisão:** Como a lógica paraconsistente tolera a contradição sem colapsar, o algoritmo lê esse ponto e emite um alerta ao oprador: *"Há tendência favorável de funcionamento (H = 0,15), porém os dados são conflitantes (G = 0,45). Recomenda-se análise para reavaliação.*

A PAL2v nas Inovações tecnológicas

a) Inteligência Artificial como Apoio: A Inteligência Artificial pode ampliar as aplicações da Lógica Paraconsistente. Enquanto a LPA permite representar e analisar contradições, técnicas de IA podem auxiliar na aquisição, classificação, interpretação e aprendizagem a partir dos dados. Uma arquitetura integrada pode funcionar assim: 1. Os sensores e sistemas fornecem os dados; 2. A IA identifica padrões, anomalias e inconsistências; 3. Os dados são convertidos em evidências favoráveis e desfavoráveis; 4. O módulo paraconsistente analisa essas evidências; 5. Determina-se o estado lógico; 6. O sistema de controle ou apoio à decisão define a ação. Assim, a Lógica Paraconsistente pode atuar como "mecanismo de tratamento lógico das informações utilizadas pela IA".

b) Redes Neurais Paraconsistentes: As pesquisas do GLPA também abrangem "Redes Neurais Artificiais Paraconsistentes", que incorporam mecanismos para processar informações contraditórias e incertas. Destacam-se as "Células Neurais Artificiais Paraconsistentes (CNAP)", baseadas na LPA2v, capazes de processar evidências favoráveis e desfavoráveis e produzir uma evidência resultante. Essas estruturas podem ser aplicadas em reconhecimento de padrões, controle, automação e tratamento de sinais.

c) Aplicações Industriais**:** 1. Controle de processos - Sensores de temperatura, pressão, vibração e fluxo podem fornecer informações divergentes. A LPA2v permite transformar essas informações em evidências e determinar se o processo está normal, em alerta, inconsistente ou sem dados suficientes para uma conclusão.2. Manutenção preditiva - Um sensor pode indicar uma possível falha enquanto outros permanecem normais. Em vez de descartar uma informação, o sistema paraconsistente pode considerar todas as evidências e estimar a força da hipótese de falha, auxiliando sistemas de IA na manutenção. 3. Robótica - Robôs autônomos

recebem informações de diversos sensores sobre obstáculos, distância e direção. Quando esses dados entram em conflito, a Lógica Paraconsistente permite analisá-los conjuntamente para auxiliar na escolha de uma ação. 4.Sistemas de apoio à decisão - Indicadores de produção, qualidade, manutenção, custos e segurança podem apontar para interpretações diferentes. A LPA permite estruturar essas evidências e considerar explicitamente as contradições no processo decisório.

Perspectivas Futuras

A expansão da IoT, computação de borda, sistemas ciberfísicos e Inteligência Artificial aumenta a quantidade de dados industriais e, consequentemente, a ocorrência de inconsistências. Nesse contexto, a integração da LPA2v, redes neurais paraconsistentes, aprendizado de máquina e sistemas de controle apresenta potencial para tornar os processos industriais mais inteligentes e robustos, com aplicações em controle de temperatura, supervisão e tratamento de sinais.

Conclusão

A Inteligência Artificial e a Lógica Paraconsistente podem atuar de forma complementar no tratamento de informações incompletas, incertas ou contraditórias. A LPA2v permite representar evidências e analisar conflitos sem interromper o raciocínio, com aplicações em automação, controle, robótica e IA. Assim, sua principal contribuição é possibilitar que dados conflitantes sejam mantidos e analisados para apoiar decisões, tornando os sistemas industriais mais robustos, flexíveis e adaptáveis diante de ruídos, falhas de sensores e dados incompletos.

Referencias

1. Da Silva Filho, J.I. “ Implementação de circuitos Lógicos fundamentados em uma classe de Lógicas Paraconsistentes Anotada” Dissertação de Mestrado EPUSP, São Paulo, 1997. [9] Da
2. Silva Filho, J.I. “ Métodos de Aplicações da Lógica Paraconsistente Anotada de anotação com dois valores LPA2v com construção de Algoritmo e Implementação de Circuitos Eletrônicos” Tese de doutorado EPUSP, São Paulo, 1999.
3. Abe, J. M “Fundamentos da Lógica Anotada” Tese de Doutoramento, FFLCH/USP - São Paulo, 1992.

4. Da Costa, N.C.A. & Abe, J.M. & Subrahmanian, V.S. “ Remarks on Annotated Logic ” Zeitschrift fur Mathematische Logik und Grundlagen der Mathematik, Vol.37, pp.561-570,1991.