Identificação de um Sistema de Manufatura Didático

Rafael Accácio Nogueira

Email: raccacio@poli.ufrj.br

19 de Julho de 2019

Sumário

Falar o sumário

Sumário

Motivação

- Maior parte da produção de bens é industrializada

Parafraseando DAVIS e HAMSCHER

Motivação

- Maior parte da produção de bens é industrializada
- Falhas no processo $\rightarrow$ Interrupção na produção

Parafraseando DAVIS e HAMSCHER

Motivação

- Maior parte da produção de bens é industrializada
- Falhas no processo $\rightarrow$ Interrupção na produção
- Interrupção na produção $=$ prejuízo

Parafraseando DAVIS e HAMSCHER

Motivação

- Maior parte da produção de bens é industrializada
- Falhas no processo $\rightarrow$ Interrupção na produção
- Interrupção na produção $=$ prejuízo
- Solução: Detecção de falha

Parafraseando DAVIS e HAMSCHER

Motivação

- Maior parte da produção de bens é industrializada
- Falhas no processo $\rightarrow$ Interrupção na produção
- Interrupção na produção = prejuízo
- Solução: Detecção de falha
- [Davis and Hamscher, 1988]: Conhecer como deveria funcionar para determinar porque não está funcionando.

Parafraseando DAVIS e HAMSCHER

Objetivo

- Modelar sistema a eventos discretos por identificação com detecção de falhas como fim.

objetivo desse trabalho é mostrar um método de modelagem por identificação.

Objetivo

- Modelar sistema a eventos discretos por identificação com detecção de falhas como fim.
- Apresentar método da concepção do controle do sistema à identificação

objetivo desse trabalho é mostrar um método de modelagem por identificação.

Sumário

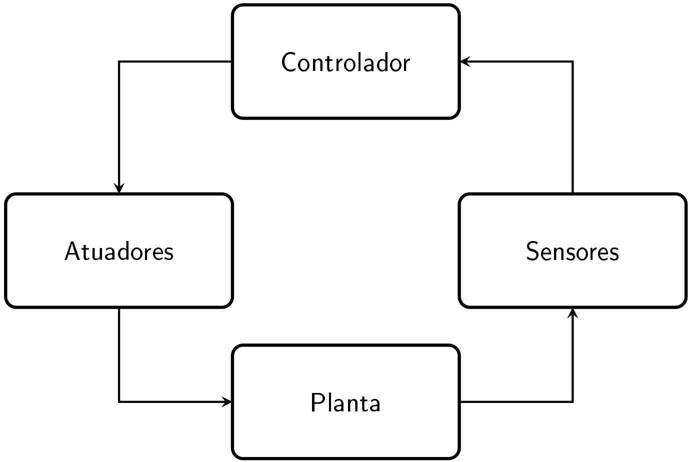

Figura 1: Sinais Observados de um sistema em malha fechada.

- Caixa preta, não se conhece a planta
- Observar sinais de entrada e saida do controlador
- criar modelo a partir deles

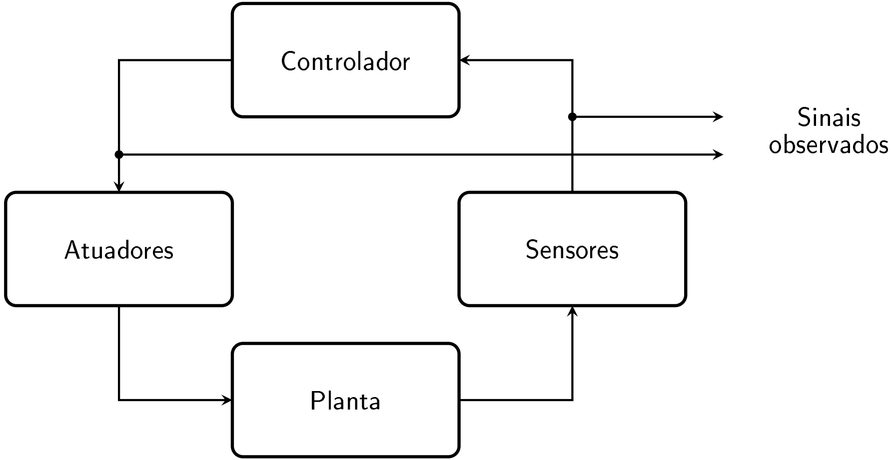

Figura 1: Sinais Observados de um sistema em malha fechada.

- Caixa preta, não se conhece a planta
- Observar sinais de entrada e saida do controlador
- criar modelo a partir deles

Vetores de Entrada/Saída

$$\mathbf{u}(t_1) = \begin{bmatrix} i_1(t_1) & \dots & i_{m_i}(t_1) & o_1(t_1) & \dots & o_{m_o}(t_1) \end{bmatrix}^T$$

- armazenar os vetores de entrada e usar para gerar a linguagem do modelo
- a linguagem produzida pelo modelo deve ser o mais similar possível a linguagem original do sistema

Relação entre Linguagens

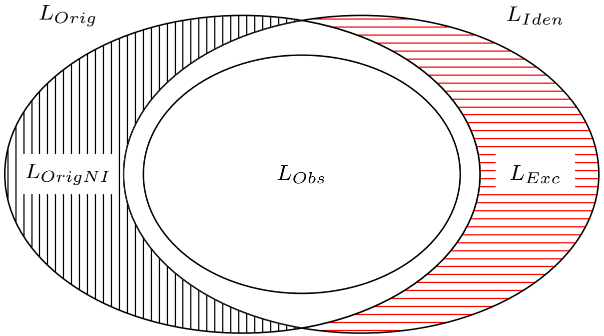

Figura 2: Relação entre L_{Orig}, L_{OrigNI}, L_{Obs}, L_{Exc} e L_{Iden}

.

- Linguagem original do sistema, Linguagem observada e Linguagem identificada
- preta A parte do sistema original que não foi identificada, gera falsos alarmes já que o que foi considerado uma falha pode estar presente na linguagem original do sistema mas não ter sido identificado
- vermelha corresponde a parte identificada que não está presente na linguagem original, gera falhas não detectadas
- objetivo é minimizar as duas áreas

Relação de Linguagens

- L_{Orig} não é conhecida

1.
2. Se o sistema for observado tempo o suficiente existe um número n_0 para o qual o conjunto das sequências de eventos de comprimento menor que n_0 das linguagem observada e original são aproximadamente iguais
3. Neste trabalho supomos que todos eventos
4.
5. Modelo que utiliza índice de caminhos para reduzir a linguagem excedente, comparando com outros modelos da literatura

Relação de Linguagens

- L_{Orig} não é conhecida $\rightarrow$ minimizar L_{OrigNI}

1.
2. Se o sistema for observado tempo o suficiente existe um número n_0 para o qual o conjunto das sequências de eventos de comprimento menor que n_0 das linguagem observada e original são aproximadamente iguais
3. Neste trabalho supomos que todos eventos
4.
5. Modelo que utiliza índice de caminhos para reduzir a linguagem excedente, comparando com outros modelos da literatura

Relação de Linguagens

- L_{Orig} não é conhecida $\rightarrow$ minimizar L_{OrigNI}
- Klein et al. [2005]: $\exists n_0 \in \mathbb{N}$ no qual $L_{Orig}^{\leq n_0} \backslash L_{Obs}^{\leq n_0} \approx \emptyset$

1.
2. Se o sistema for observado tempo o suficiente existe um número n_0 para o qual o conjunto das sequências de eventos de comprimento menor que n_0 das linguagem observada e original são aproximadamente iguais
3. Neste trabalho supomos que todos eventos
4.
5. Modelo que utiliza índice de caminhos para reduzir a linguagem excedente, comparando com outros modelos da literatura

Relação de Linguagens

- L_{Orig} não é conhecida $\rightarrow$ minimizar L_{OrigNI}
- Klein et al. [2005]: $\exists n_0 \in \mathbb{N}$ no qual $L_{Orig}^{\leq n_0} \backslash L_{Obs}^{\leq n_0} \approx \emptyset$
  Considerando que $L_{Obs} \subseteq L_{Iden}$ então $L_{OrigNI}^{\leq n_0} \approx \emptyset$

1.
2. Se o sistema for observado tempo o suficiente existe um número n_0 para o qual o conjunto das sequências de eventos de comprimento menor que n_0 das linguagem observada e original são aproximadamente iguais
3. Neste trabalho supomos que todos eventos
4.
5. Modelo que utiliza índice de caminhos para reduzir a linguagem excedente, comparando com outros modelos da literatura

Relação de Linguagens

- L_{Orig} não é conhecida $\rightarrow$ minimizar L_{OrigNI}
- Klein et al. [2005]: $\exists n_0 \in \mathbb{N}$ no qual $L_{Orig}^{\leq n_0} \backslash L_{Obs}^{\leq n_0} \approx \emptyset$
  Considerando que $L_{Obs} \subseteq L_{Iden}$ então $L_{OrigNI}^{\leq n_0} \approx \emptyset$
- Suposição: Todas sequências de eventos com comprimento $n_0 + 1$ são observados

1.
2. Se o sistema for observado tempo o suficiente existe um número n_0 para o qual o conjunto das sequências de eventos de comprimento menor que n_0 das linguagem observada e original são aproximadamente iguais
3. Neste trabalho supomos que todos eventos
4.
5. Modelo que utiliza índice de caminhos para reduzir a linguagem excedente, comparando com outros modelos da literatura

Relação de Linguagens

- L_{Orig} não é conhecida $\rightarrow$ minimizar L_{OrigNI}
- Klein et al. [2005]: $\exists n_0 \in \mathbb{N}$ no qual $L_{Orig}^{\leq n_0} \backslash L_{Obs}^{\leq n_0} \approx \emptyset$
  Considerando que $L_{Obs} \subseteq L_{Iden}$ então $L_{OrigNI}^{\leq n_0} \approx \emptyset$
- Suposição: Todas sequências de eventos com comprimento $n_0 + 1$ são observados
- Modelo identificado deve reduzir L_{Exc}

1.
2. Se o sistema for observado tempo o suficiente existe um número n_0 para o qual o conjunto das sequências de eventos de comprimento menor que n_0 das linguagem observada e original são aproximadamente iguais
3. Neste trabalho supomos que todos eventos
4.
5. Modelo que utiliza índice de caminhos para reduzir a linguagem excedente, comparando com outros modelos da literatura

Relação de Linguagens

- L_{Orig} não é conhecida $\rightarrow$ minimizar L_{OrigNI}
- Klein et al. [2005]: $\exists n_0 \in \mathbb{N}$ no qual $L_{Orig}^{\leq n_0} \backslash L_{Obs}^{\leq n_0} \approx \emptyset$
  Considerando que $L_{Obs} \subseteq L_{Iden}$ então $L_{OrigNI}^{\leq n_0} \approx \emptyset$
- Suposição: Todas sequências de eventos com comprimento $n_0 + 1$ são observados
- Modelo identificado deve reduzir L_{Exc}
- Moreira and Lesage [2018] apresentam modelo Derministic Automaton with Outputs and Conditional Transitions (DAOCT)

1.
2. Se o sistema for observado tempo o suficiente existe um número n_0 para o qual o conjunto das sequências de eventos de comprimento menor que n_0 das linguagem observada e original são aproximadamente iguais
3. Neste trabalho supomos que todos eventos
4.
5. Modelo que utiliza índice de caminhos para reduzir a linguagem excedente, comparando com outros modelos da literatura

Definição (DAOCT)

$$DAOCT = (X, \Sigma, \Omega, f, \lambda, R, \theta, x_0, X_f)$$

X conjunto de **estados**
Σ conjunto de **eventos**
$\Omega \subset \mathbb{N}_1^{m_i+m_o}$ conjunto de **vetores E/S**
$f : X \times \Sigma^\star \to X$ função de **transição determinística**
$\lambda : X \to \Omega$ função de **saídas do estado**
$R = 1, 2, \ldots, r$ conjunto de **índices dos caminhos**
$\theta : X \times \Sigma \to 2^R$ função de **estimação de caminho**
x_0 **estado inicial**
$X_f \subseteq X$ conjunto de **estados finais**

1. usa sequências de vetores de entrada e saídas e eventos, denominados caminhos

Caminhos Observados

$$p_1 = \left(\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}, a, \begin{bmatrix}1\\1\\0\end{bmatrix}, b, \begin{bmatrix}0\\1\\1\end{bmatrix}, c, \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}, d, \begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix}, e, \begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix} \right)$$

$$p_2 = \left(\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}, g, \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}, h, \begin{bmatrix}1\\1\\0\end{bmatrix}, b, \begin{bmatrix}0\\1\\1\end{bmatrix}, c, \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}, i, \begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}, j, \begin{bmatrix}0\\1\\1\end{bmatrix}, l, \begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix} \right)$$

$$p_3 = \left(\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}, g, \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}, h, \begin{bmatrix}1\\1\\0\end{bmatrix}, b, \begin{bmatrix}0\\1\\1\end{bmatrix}, i, \begin{bmatrix}1\\1\\1\end{bmatrix}, m, \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}, d, \begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix}, n, \begin{bmatrix}1\\1\\0\end{bmatrix} \right)$$

- Os caminhos são formados por vetores e eventos, provindos de um mesmo estado inicial.
- Os eventos caracterizam a mudança do vetor E/S, exemplo a bordo de subida de 1 ...
- os caminhos podem ser cíclicos (mostrar caminho 1) ou não (caminho 3). E dentro deles podem haver ciclos também como caminho 2.
- Contudo, nem sempre é possível conhecer bons caminhos, as vezes é preciso extrair de uma sequencia de entradas e saídas.

Caminhos Observados

$$p_1 = \left(\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}, a, \begin{bmatrix}1\\1\\0\end{bmatrix}, b, \begin{bmatrix}0\\1\\1\end{bmatrix}, c, \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}, d, \begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix}, e, \begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix} \right)$$

$$p_2 = \left(\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}, g, \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}, h, \begin{bmatrix}1\\1\\0\end{bmatrix}, b, \begin{bmatrix}0\\1\\1\end{bmatrix}, c, \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}, i, \begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}, j, \begin{bmatrix}0\\1\\1\end{bmatrix}, l, \begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix} \right)$$

$$p_3 = \left(\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}, g, \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}, h, \begin{bmatrix}1\\1\\0\end{bmatrix}, b, \begin{bmatrix}0\\1\\1\end{bmatrix}, i, \begin{bmatrix}1\\1\\1\end{bmatrix}, m, \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}, d, \begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix}, n, \begin{bmatrix}1\\1\\0\end{bmatrix} \right)$$

$$a = \uparrow 2,\ b = \downarrow 1 \uparrow 3,\ \ldots$$

- Os caminhos são formados por vetores e eventos, provindos de um mesmo estado inicial.
- Os eventos caracterizam a mudança do vetor E/S, exemplo a bordo de subida de 1 ...
- os caminhos podem ser cíclicos (mostrar caminho 1) ou não (caminho 3). E dentro deles podem haver ciclos também como caminho 2.
- Contudo, nem sempre é possível conhecer bons caminhos, as vezes é preciso extrair de uma sequencia de entradas e saídas.

Obtenção de Caminhos

$$\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}1\\1\\0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0\\1\\1\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}1\\1\\0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0\\1\\1\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0\\1\\1\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix} \dots$$

- Como usa-se uma abordagem de caixa-preta e os caminhos não são conhecidos, eles são extraídos do csv da seguinte forma.
- Consideramos a seguinte sequencia vinda da observação do sistema
- o primeiro vetor é considerado o inicial e toda vez que se repete um novo caminho é gerado

Obtenção de Caminhos

$$\color{blue}{\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}}, \begin{bmatrix}1\\1\\0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0\\1\\1\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}1\\1\\0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0\\1\\1\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0\\1\\1\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix} \ldots$$

- Como usa-se uma abordagem de caixa-preta e os caminhos não são conhecidos, eles são extraídos do csv da seguinte forma.
- Consideramos a seguinte sequencia vinda da observação do sistema
- o primeiro vetor é considerado o inicial e toda vez que se repete um novo caminho é gerado

Obtenção de Caminhos

$$\underbrace{\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix},\begin{bmatrix}1\\1\\0\end{bmatrix},\begin{bmatrix}0\\1\\1\end{bmatrix},\begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix},\begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix},}_{p_1}\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix},\begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix},\begin{bmatrix}1\\1\\0\end{bmatrix},\begin{bmatrix}0\\1\\1\end{bmatrix},\begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix},\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix},\begin{bmatrix}0\\1\\1\end{bmatrix},\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}\ \ldots$$

- Como usa-se uma abordagem de caixa-preta e os caminhos não são conhecidos, eles são extraídos do csv da seguinte forma.
- Consideramos a seguinte sequencia vinda da observação do sistema
- o primeiro vetor é considerado o inicial e toda vez que se repete um novo caminho é gerado

Obtenção de Caminhos

$$\underbrace{\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}1\\1\\0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0\\1\\1\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix},}_{p_1} \overbrace{\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}1\\1\\0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0\\1\\1\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix},}^{p_2} \begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}0\\1\\1\end{bmatrix}, \begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix} \cdots$$

- Como usa-se uma abordagem de caixa-preta e os caminhos não são conhecidos, eles são extraídos do csv da seguinte forma.
- Consideramos a seguinte sequencia vinda da observação do sistema
- o primeiro vetor é considerado o inicial e toda vez que se repete um novo caminho é gerado

Obtenção de Caminhos

$$
\begin{tikzcd}[column sep=tiny, ampersand replacement=\&]
\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}, \arrow[rrrrr, bend right, "p_1"'] \& \begin{bmatrix}1\\1\\0\end{bmatrix}, \& \begin{bmatrix}0\\1\\1\end{bmatrix}, \& \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}, \& \begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix}, \& \begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}, \arrow[rrrrr, bend left, "p_2"] \& \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}, \& \begin{bmatrix}1\\1\\0\end{bmatrix}, \& \begin{bmatrix}0\\1\\1\end{bmatrix}, \& \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}, \& \begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}, \arrow[rr, bend right, "p_3"'] \& \begin{bmatrix}0\\1\\1\end{bmatrix}, \& \begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix} \& \cdots
\end{tikzcd}
$$

- Como usa-se uma abordagem de caixa-preta e os caminhos não são conhecidos, eles são extraídos do csv da seguinte forma.
- Consideramos a seguinte sequencia vinda da observação do sistema
- o primeiro vetor é considerado o inicial e toda vez que se repete um novo caminho é gerado

Caminhos Modificados

$$p_i^k = (y_{i,1}, \sigma_{i,1}, y_{i,2}, \sigma_{i,2}, \dots, \sigma_{i,l_1-1}, y_{i,l_i}) \tag{1}$$

onde

$$y_{i,j} = \begin{cases} (\mathbf{u}_{i,j-k+1}, \dots, \mathbf{u}_{i,j}), & \text{if } k \leq j \leq l_i \\ (\mathbf{u}_{i,1}, \dots, \mathbf{u}_{i,j}), & \text{if } j < k \end{cases} \tag{2}$$

Para diferenciar cada vetor é criada a variável livre k, que é usada para armazenar os $k-1$ vetores anteriores gerando caminhos modificados usando a seguinte fórmula

Caminhos Modificados

- $k = 2$

$$p_1 = \left(\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}, a, \begin{bmatrix}1\\1\\0\end{bmatrix}, b, \begin{bmatrix}0\\1\\1\end{bmatrix}, c, \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}, d, \begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix}, e, \begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix} \right)$$

$$p_1^2 = \left(\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}, a, \begin{bmatrix}1 & 1\\0 & 1\\0 & 0\end{bmatrix}, b, \begin{bmatrix}1 & 0\\1 & 1\\0 & 1\end{bmatrix}, c, \begin{bmatrix}0 & 0\\1 & 0\\1 & 0\end{bmatrix}, d, \begin{bmatrix}0 & 0\\0 & 0\\0 & 1\end{bmatrix}, e, \begin{bmatrix}0 & 1\\0 & 0\\0 & 0\end{bmatrix} \right)$$

Como que para $k = 1$ são armazenados 0 vetores anteriores, o modificado é igual o observado.

Caminhos Modificados

- $k = 2$

$$p_1 = \left(\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}, a, \begin{bmatrix}1\\1\\0\end{bmatrix}, b, \begin{bmatrix}0\\1\\1\end{bmatrix}, c, \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}, d, \begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix}, e, \begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix} \right)$$

$$p_1^2 = \left(\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}, a, \begin{bmatrix}1 & 1\\0 & 1\\0 & 0\end{bmatrix}, b, \begin{bmatrix}1 & 0\\1 & 1\\0 & 1\end{bmatrix}, c, \begin{bmatrix}0 & 0\\1 & 0\\1 & 0\end{bmatrix}, d, \begin{bmatrix}0 & 0\\0 & 0\\0 & 1\end{bmatrix}, e, \begin{bmatrix}0 & 1\\0 & 0\\0 & 0\end{bmatrix} \right)$$

Como que para $k = 1$ são armazenados 0 vetores anteriores, o modificado é igual o observado.

Caminhos Modificados

- $k = 2$

$$p_1 = \left(\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}, a, \begin{bmatrix}1\\1\\0\end{bmatrix}, b, \begin{bmatrix}0\\1\\1\end{bmatrix}, c, \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}, d, \begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix}, e, \begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix} \right)$$

$$p_1^2 = \left(\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}, a, \begin{bmatrix}1 & 1\\0 & 1\\0 & 0\end{bmatrix}, b, \begin{bmatrix}1 & 0\\1 & 1\\0 & 1\end{bmatrix}, c, \begin{bmatrix}0 & 0\\1 & 0\\1 & 0\end{bmatrix}, d, \begin{bmatrix}0 & 0\\0 & 0\\0 & 1\end{bmatrix}, e, \begin{bmatrix}0 & 1\\0 & 0\\0 & 0\end{bmatrix} \right)$$

Como que para $k = 1$ são armazenados 0 vetores anteriores, o modificado é igual o observado.

Caminhos Modificados

- $k = 2$

$$p_1 = \left(\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}, a, \begin{bmatrix}1\\1\\0\end{bmatrix}, b, \begin{bmatrix}0\\1\\1\end{bmatrix}, c, \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}, d, \begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix}, e, \begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix} \right)$$

$$p_1^2 = \left(\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}, a, \begin{bmatrix}1 & 1\\0 & 1\\0 & 0\end{bmatrix}, b, \begin{bmatrix}1 & 0\\1 & 1\\0 & 1\end{bmatrix}, c, \begin{bmatrix}0 & 0\\1 & 0\\1 & 0\end{bmatrix}, d, \begin{bmatrix}0 & 0\\0 & 0\\0 & 1\end{bmatrix}, e, \begin{bmatrix}0 & 1\\0 & 0\\0 & 0\end{bmatrix} \right)$$

Como que para $k = 1$ são armazenados 0 vetores anteriores, o modificado é igual o observado.

Caminhos Modificados

- $k = 2$

$$p_1^2 = \left(\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}, a, \begin{bmatrix}1&1\\0&1\\0&0\end{bmatrix}, b, \begin{bmatrix}1&0\\1&1\\0&1\end{bmatrix}, c, \begin{bmatrix}0&0\\1&0\\1&0\end{bmatrix}, d, \begin{bmatrix}0&0\\0&0\\0&1\end{bmatrix}, e, \begin{bmatrix}0&1\\0&0\\0&0\end{bmatrix}\right)$$

$$p_2^2 = \left(\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}, g, \begin{bmatrix}1&0\\0&0\\0&0\end{bmatrix}, h, \begin{bmatrix}0&1\\0&1\\0&0\end{bmatrix}, b, \begin{bmatrix}1&0\\1&1\\0&1\end{bmatrix}, c, \begin{bmatrix}0&0\\1&0\\1&0\end{bmatrix}, i, \begin{bmatrix}0&1\\0&0\\0&0\end{bmatrix}, j, \begin{bmatrix}1&0\\0&1\\0&1\end{bmatrix}, l, \begin{bmatrix}0&1\\1&0\\1&0\end{bmatrix}\right)$$

$$p_3^2 = \left(\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}, g, \begin{bmatrix}1&0\\0&0\\0&0\end{bmatrix}, h, \begin{bmatrix}0&1\\0&1\\0&0\end{bmatrix}, b, \begin{bmatrix}1&0\\1&1\\0&1\end{bmatrix}, i, \begin{bmatrix}0&1\\1&1\\1&1\end{bmatrix}, m, \begin{bmatrix}1&0\\1&0\\1&0\end{bmatrix}, d, \begin{bmatrix}0&0\\0&0\\0&1\end{bmatrix}, n, \begin{bmatrix}0&1\\0&1\\1&0\end{bmatrix}\right)$$

14 vetores únicos enquanto no original com $k = 1$ só existem 6

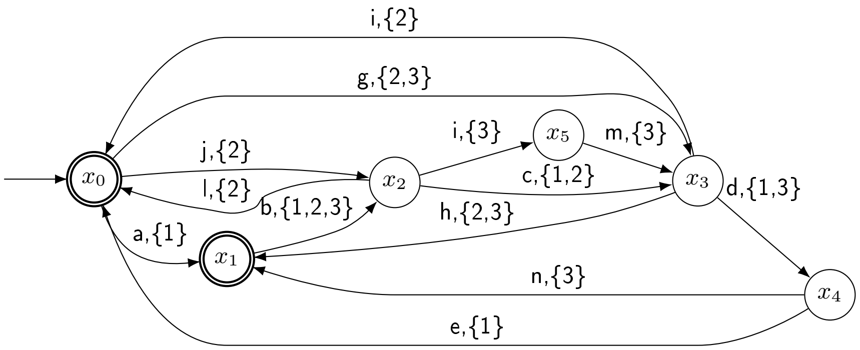

Figura 3: Diagrama de transição de estados para $k = 1$.

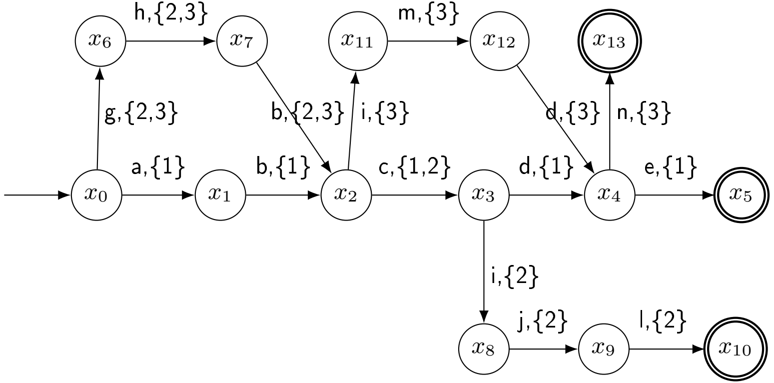

Figura 4: Diagrama de transição de estados para $k = 2$.

em geral aumentam o número de estados e diminuem os ciclos

Sumário

Projeto do Controlador a Eventos discretos

1. Projetar o controle

Projeto do Controlador a Eventos discretos

1. Projetar o controle
2. Implementar o Controle

Projeto do Controlador a Eventos discretos

1. Projetar o controle
2. Implementar o Controle PLC - Ladder

Exemplo de Sistema

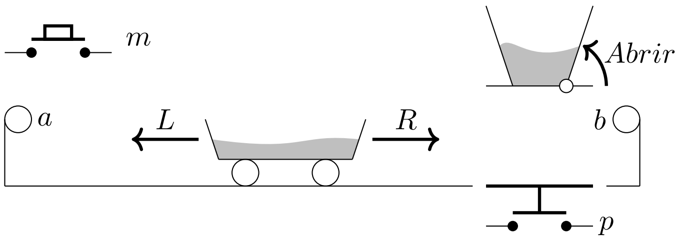

Figura 5: Exemplo de sistema a ser controlado.

Rede de Petri Interpretada para Controle

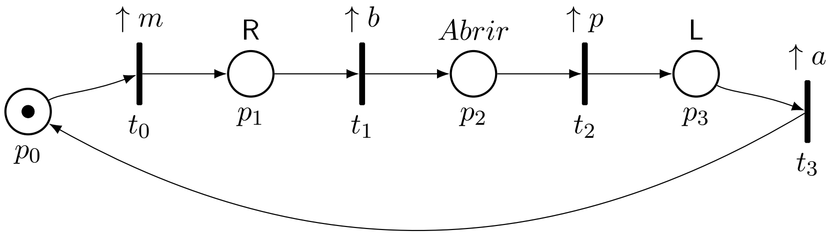

Figura 6: Exemplo de Rede de Petri interpretada para controle.

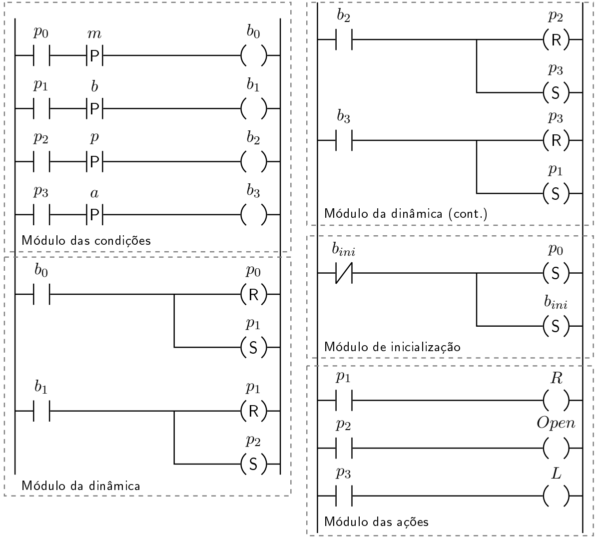

Figura 7: Rede de Petri do exemplo implementada em Ladder.

método demonstrado por MOREIRA e BASILIO (2013)

Datalog

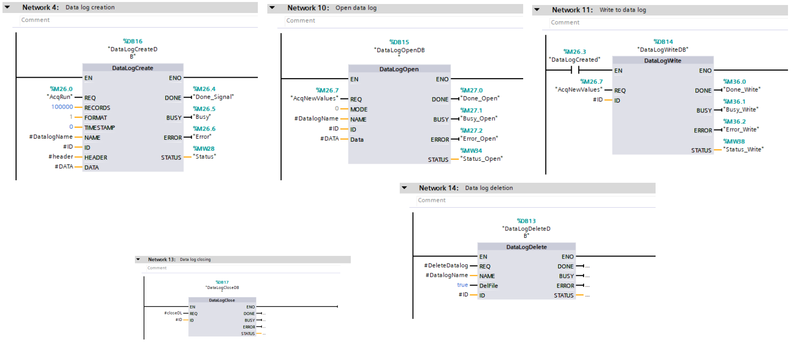

Figura 8: Blocos Funcionais para gravação de dados.

Uma vez implementado o controle no PLC, é feita a observação. PLC Siemens possui os blocos functionais mostrados para gravar os dados num arquivo csv.
Explicar cada bloco

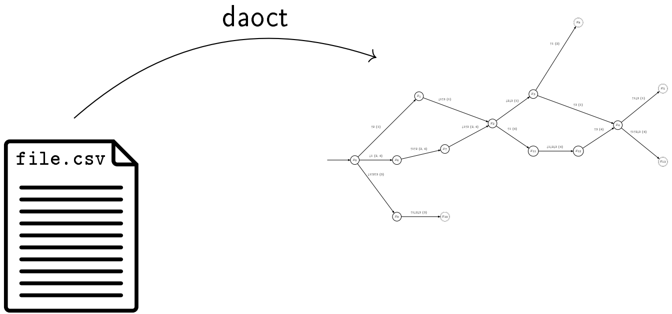

Figura 9: Modelo identificado a partir do arquivo csv.

progama daoct criado para fazer obtenção dos caminhos da forma mostrada no capítulo anterior, modificar os caminhos usando a formula descrita e implementar o algoritmo de modelagemdo DAOCT.

Sumário

Sistema de Manufatura Didático

Figura 10: Metades de cubo.

Consiste em montar e estocar cubos formados por metades de metal e plástico branco.

Sistema de Manufatura Didático

Figura 11: Funcionamento da Planta.

3 ações básicas: Selecionar as peças, prensar e estocar. Consiste em montar e estocar cubos formados por metades de metal e plástico branco.

Planta

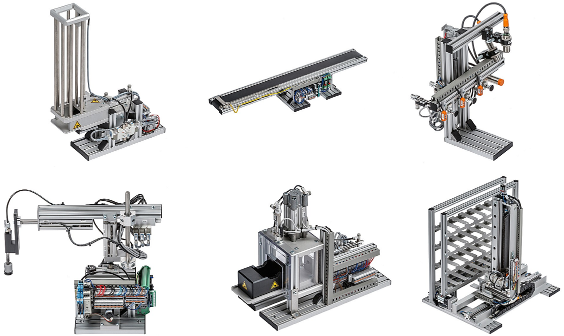

Figura 12: Módulos da Planta.

- essa imagem mostra os módulos do sistema. (comentar brevemente)
- devido a forma que foi montado, foi separado em dois PLCs da seguinte forma
- A seguir um exemplo simples da implementação da rede de petri em multiplos plcs

Planta

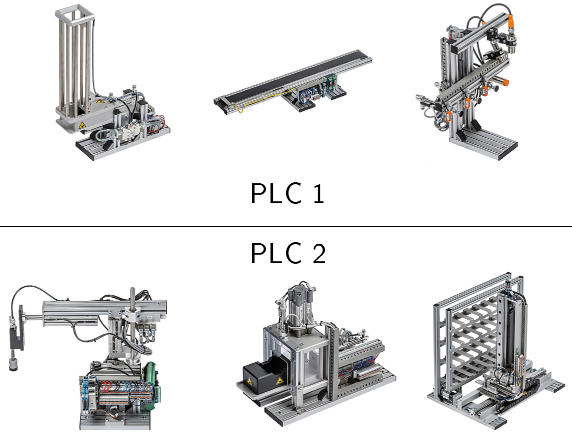

Figura 12: Módulos da Planta.

- essa imagem mostra os módulos do sistema. (comentar brevemente)
- devido a forma que foi montado, foi separado em dois PLCs da seguinte forma
- A seguir um exemplo simples da implementação da rede de petri em multiplos plcs

Rede de Petri implementada em múltiplos PLCs

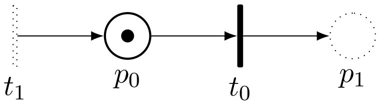

Figura 13: Rede de Petri - PLC 1.

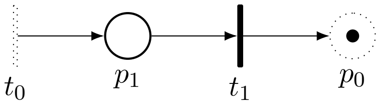

Figura 14: Rede de Petri - PLC 2.

Os lugares e transições tracejadas indicam que pertencem a outra parte da rede

Rede de Petri implementada em múltiplos PLCs

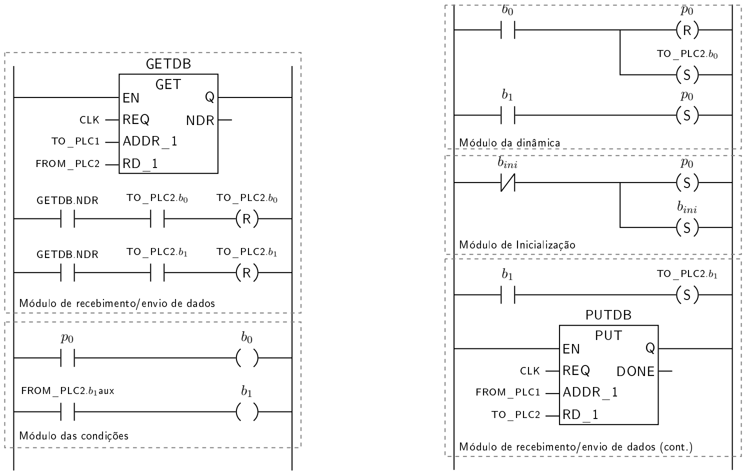

Figura 15: Diagrama Ladder de Rede de Petri no PLC 1.

1. Foi usada técnica de mestre/escravo. PLC 1 é o mestre que recebe a informação dos outros e ao fim do seu ciclo retorna informação para os outros PLCS
2. A parte de dinâmica é implementada da mesma forma que mostrada anteriormente
3. são adicionados 2 módulos, para comunicação
4. usando blocos de comunicação get and put da seguinte forma
5. o Bloco get pega os valores de uma area de memória do outro PLC e coloca numa área de memória do próprio PLC. E o put para colocar alterar variáveis numa área de memória de outro PLC.
6. foram criados blocos de dados para parear esses dados, como FROMPLC1, FROMPLC2, TOPLC2 e TOPLC1

Rede de Petri implementada em múltiplos PLCs

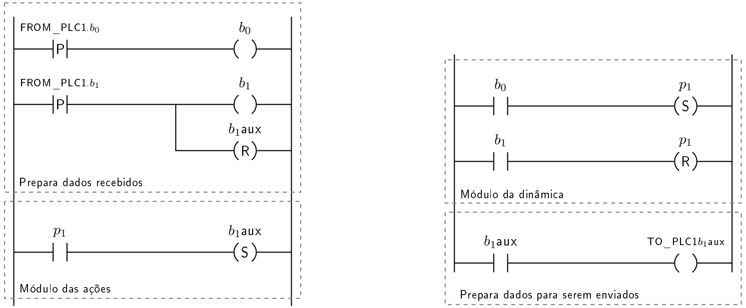

Figura 16: Diagrama Ladder de Rede de Petri no PLC 2.

1. A parte de dinâmica é implementada da mesma forma que mostrada anteriormente
2. é adicionado um módulos, para preparar os dados para serem enviados.
3. Dados são copiados para não causar escrita inesperada durante o ciclo de varredura

Sumário

Observação

- 2 horas
- 4.5 ciclos $\sim$ 120 cubos montados e empilhados
- 65 Entradas e Saídas
- 19751 vetores registrados
- 1321 vetores únicos

Modelo Identificado

- 2 caminhos

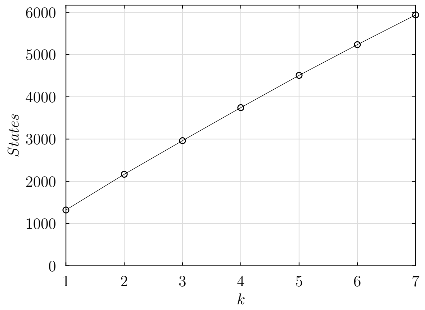

Figura 17: Variação de número de estados em relação ao valor de k.

- usando o método de obtenção de caminhos foram encontrados 2 caminhos.
- pode ser explicado ao fato de ter comportamento concorrente no sistema, o que torna raro de voltarem ao mesmo estado inicial.
- mas também mostra que o sistema não foi observado por tempo suficiente. O que mostra que seria necessária a observação durante muitas horas e talvez dias.
- No gráfico vemos o aumento de estados com o valor de k

Modelo Identificado

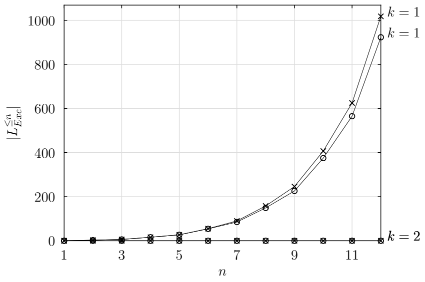

Figura 18: Linguagens Excedentes - DAOCT (o), NDAAO ($\times$).

- Ndaao não usa os índices dos caminhos. Como poucos caminhos foram encontrados não aparenta uma diferennça tão significativa entre os modelos encontrados.
- Comparando o modelo daoct encontrado com NDAAO, que é outro modelo de identificação, vemos que daoct tem menor linguagem excedente

- Verificar comportamento ao trocar vetor inicial

- Fazer um experimento, trocar o vetor inicial para comparar o comportamento

- Verificar comportamento ao trocar vetor inicial
- Escolhido o vetor com maior incidência

- Fazer um experimento, trocar o vetor inicial para comparar o comportamento

- Verificar comportamento ao trocar vetor inicial
- Escolhido o vetor com maior incidência
- Descartam-se todos vetores anteriores a primeira incidência desse vetor

- Fazer um experimento, trocar o vetor inicial para comparar o comportamento

Observação - Arquivo modificado

- 19427 vetores registrados
- 1294 vetores únicos

- diferença nos valores causado pela exclusão dos vetores anteriores a primeira incidência do vetor considerado inicial

Modelo Identificado - Arquivo Modificado

- 80 caminhos

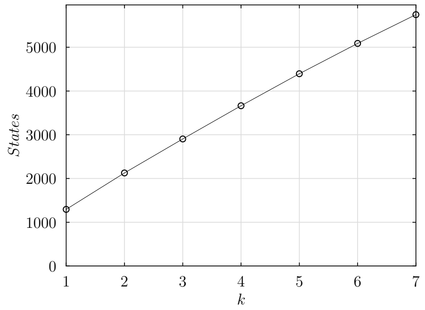

Figura 19: Variação de número de estados em relação ao valor de k.

- Utilizando o arquivo modificado encontraram-se 80 caminhos
- os estados possuem a mesma ordem de grandeza

Modelo Identificado - Arquivo Modificado

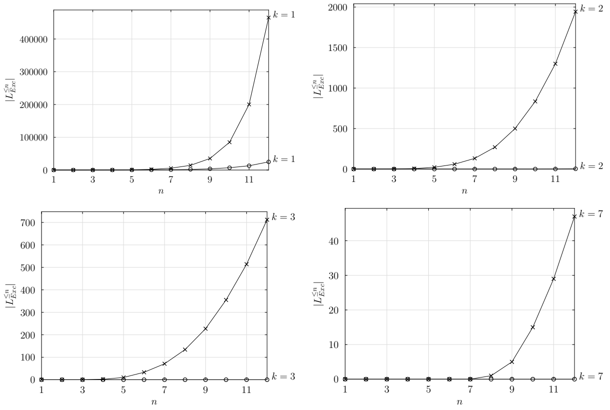

Figura 20: Linguagens Excedentes - DAOCT (o), NDAAO (×).

- Como dessa vez existem mais caminhos, a diferença por causa do uso dos índices de caminho do daoct aumenta.
- para k=1 vemos a diferença consideravel: DAOCT está 50000 enquanto NDAAO está 400000
- para k =3 enquanto NDAAO está acima de 700
- embora a diferença seja melhor vista com mais caminhos, não necessariamente um modelo com mais caminhos represente melhor o sistema. Por isso vamos a um exemplo

Discussão Escolha Vetor inicial

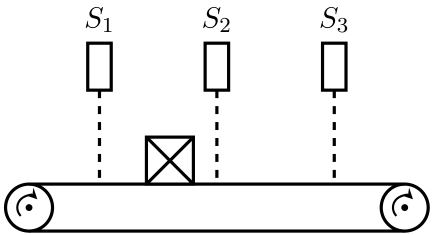

Figura 21: Exemplo de sistema a ser identificado.

- suponhamos um sistema formado por uma esteira e 3 sensores. Apenas uma caixa é colocada por vez na esteira. a esteira sempre ligada leva a caixa da esquerda para direita, ativando e desativando os sensores 1, 2 e 3 nessa ordem. Uma vez que a caixa sai da esteira, outra é colocada recomeçando o ciclo.

Discussão Escolha Vetor inicial

$$\begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix} \begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix} \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix} \begin{bmatrix}0\\1\\0\end{bmatrix} \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix} \begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix} \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix} \begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix} \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix} \begin{bmatrix}0\\1\\0\end{bmatrix} \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix} \begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix}$$

1. Digamos que a sequência de vetores de entrada e saídas foi a seguinte.
2. a partir da sequência percebemos o seguinte padrão que se repete
3. então esse padrão corresponde a sequência mínima para identificar o sistema
4. usando o método de obtenção de caminhos usamos o vetor 000 como vetor inicial e usando ele somos capazes de identificar o modelo seguinte

Discussão Escolha Vetor inicial

$$\begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\1\\0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\1\\0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix}$$

1. Digamos que a sequência de vetores de entrada e saídas foi a seguinte.
2. a partir da sequência percebemos o seguinte padrão que se repete
3. então esse padrão corresponde a sequência mínima para identificar o sistema
4. usando o método de obtenção de caminhos usamos o vetor 000 como vetor inicial e usando ele somos capazes de identificar o modelo seguinte

Discussão Escolha Vetor inicial

$$\begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\1\\0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix}$$

1. Digamos que a sequência de vetores de entrada e saídas foi a seguinte.
2. a partir da sequência percebemos o seguinte padrão que se repete
3. então esse padrão corresponde a sequência mínima para identificar o sistema
4. usando o método de obtenção de caminhos usamos o vetor 000 como vetor inicial e usando ele somos capazes de identificar o modelo seguinte

Discussão Escolha Vetor inicial

$$\begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\1\\0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix}$$

1. Digamos que a sequência de vetores de entrada e saídas foi a seguinte.
2. a partir da sequência percebemos o seguinte padrão que se repete
3. então esse padrão corresponde a sequência mínima para identificar o sistema
4. usando o método de obtenção de caminhos usamos o vetor 000 como vetor inicial e usando ele somos capazes de identificar o modelo seguinte

Discussão Escolha Vetor inicial

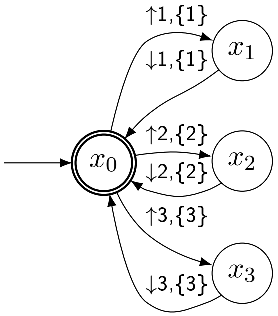

Figura 22: Modelo identificado usando $[0 \quad 0 \quad 0]^T$ como vetor inicial, $k = 1$.

- Nesse modelo usando 000 vemos que 3 caminhos são encontrados
- Porém não vemos que existe uma ordem de ocorrência dos eventos, como mostrado na definição do sistema 3 pode acontecer antes de 1 e o modelo vai identificar como correto.

Discussão Escolha Vetor inicial

$$\begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\1\\0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix}$$

- como é cíclico podemos pegar o primeiro vetor e colocar como o último
- e escolhemos agora 100 como vetor inicial

Discussão Escolha Vetor inicial

$$\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\1\\0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}$$

- como é cíclico podemos pegar o primeiro vetor e colocar como o último
- e escolhemos agora 100 como vetor inicial

Discussão Escolha Vetor inicial

$$\color{blue}{\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix}}\ \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}\ \begin{bmatrix}0\\1\\0\end{bmatrix}\ \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}\ \begin{bmatrix}0\\0\\1\end{bmatrix}\ \begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix}$$

- como é cíclico podemos pegar o primeiro vetor e colocar como o último
- e escolhemos agora 100 como vetor inicial

Discussão Escolha Vetor inicial

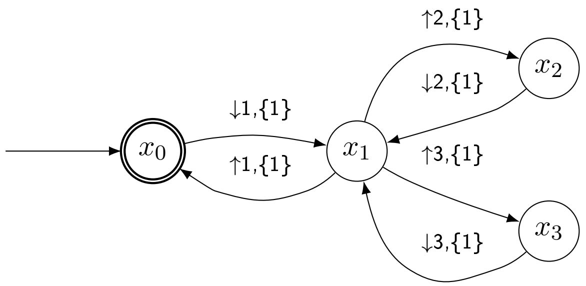

Figura 23: Modelo identificado usando $[1 \quad 0 \quad 0]^T$ como vetor inicial, $k = 1$

- Nesse modelo já vemos que há a ideia da ordem dos eventos, eventos 2 e 3 só ocorrem apos 1.
- Porém não vemos que o 2 precisa acontecer antes do 3. Nesse caso, se usarmos um k maior.

Discussão Escolha Vetor inicial

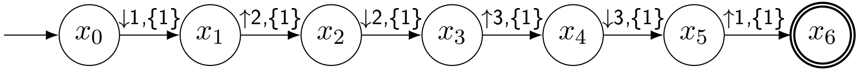

Figura 24: Modelo identificado usando $[1 \quad 0 \quad 0]^T$ como vetor inicial, $k = 2$.

- Vemos a ordem descrita no exemplo
- Esse modelo representa fielmente o descrito no exemplo.
- podemos ver que o modelo depende de bons caminhos. E que se não conhecemos é difícil julgar se os caminhos obtidos são de fato bons ou não.

Sumário

Conclusões

- Foi apresentado um Método para ...
- depende de uma boa escolha de vetor inicial para representar bem o sistema

Trabalhos Futuros

- Comparar o comportamento do sistema monolítico, apresentado nesse nesse trabalho com a observação dos seus módulos.

Conclusões

- Método para controle, observação e identificação

- Foi apresentado um Método para ...
- depende de uma boa escolha de vetor inicial para representar bem o sistema

Trabalhos Futuros

- Comparar o comportamento do sistema monolítico, apresentado nesse nesse trabalho com a observação dos seus módulos.

Conclusões

- Método para controle, observação e identificação
- DAOCT funciona mas depende que bons caminhos tenham sido dados

- Foi apresentado um Método para ...
- depende de uma boa escolha de vetor inicial para representar bem o sistema

Trabalhos Futuros

- Comparar o comportamento do sistema monolítico, apresentado nesse nesse trabalho com a observação dos seus módulos.

Conclusões

- Método para controle, observação e identificação
- DAOCT funciona mas depende que bons caminhos tenham sido dados

Trabalhos Futuros

- Comparar o comportamento: monolítico $\times$ dividido em módulos.

- Foi apresentado um Método para ...
- depende de uma boa escolha de vetor inicial para representar bem o sistema

Trabalhos Futuros

- Comparar o comportamento do sistema monolítico, apresentado nesse nesse trabalho com a observação dos seus módulos.

Conclusões

- Método para controle, observação e identificação
- DAOCT funciona mas depende que bons caminhos tenham sido dados

Trabalhos Futuros

- Comparar o comportamento: monolítico $\times$ dividido em módulos.
- Método para escolher o melhor vetor inicial

- Foi apresentado um Método para ...
- depende de uma boa escolha de vetor inicial para representar bem o sistema

Trabalhos Futuros

- Comparar o comportamento do sistema monolítico, apresentado nesse nesse trabalho com a observação dos seus módulos.

Conclusões

- Método para controle, observação e identificação
- DAOCT funciona mas depende que bons caminhos tenham sido dados

Trabalhos Futuros

- Comparar o comportamento: monolítico $\times$ dividido em módulos.
- Método para escolher o melhor vetor inicial
- Método que não dependa da escolha do vetor inicial

- Foi apresentado um Método para ...
- depende de uma boa escolha de vetor inicial para representar bem o sistema

Trabalhos Futuros

- Comparar o comportamento do sistema monolítico, apresentado nesse nesse trabalho com a observação dos seus módulos.

Muito Obrigado!
Perguntas?

- contato: raccacio@poli.ufrj.br

Apresentação disponível em
https://github.com/Accacio/docsTCC/raw/master/presentation.pdf

References (1)

Randall Davis and Walter Hamscher. Model-based reasoning: Troubleshooting. In *Exploring artificial intelligence*, pages 297–346. Elsevier, 1988.

Stéphane Klein, Lothar Litz, and Jean-Jacques Lesage. Fault detection of discrete event systems using an identification approach. *IFAC Proceedings Volumes*, 38(1):92–97, 2005.

Marcos V Moreira and Jean-Jacques Lesage. Enhanced discrete event model for system identification with the aim of fault detection. *IFAC-PapersOnLine*, 51(7):160–166, 2018.

Marcos Vicente Moreira and João Carlos Basilio. Bridging the gap between design and implementation of discrete-event controllers. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 11(1):48–65, 2013.

Sistema de Manufatura Didático

Figura 25: Funcionamento da Planta.

3 ações básicas: Selecionar as peças, prensar e estocar. Consiste em montar e estocar cubos formados por metades de metal e plástico branco.