

Implementação de estratégias de controle aplicados em sistemas produtivos flexíveis com emprego de máquinas multifuncionais**Implementation of applied control strategies in production systems with flexible employment multifunction machines**

Recebimento dos originais: 29/01/2019

Aceitação para publicação: 22/02/2019

Alex Hiroh Sohara

Graduando em Engenharia de Produção, Bolsista IFSP, Câmpus São Paulo

E-mail: alex.sohara@hotmail.com

Oswaldo Luís Asato

Doutor em Engenharia Mecânica (EPUSP),
Instituto Federal de São Paulo, Câmpus Suzano

E-mail: asato@ifsp.edu.br

Francisco Yastami Nakamoto

Doutor em Engenharia Mecânica (EPUSP)
Instituto Federal de São Paulo, Câmpus São Paulo,

E-mail: nakamoto@ifsp.edu.br

RESUMO

Uma das principais pretensões da Indústria 4.0 é a customização em massa, necessitando que os sistemas de manufatura sejam flexíveis e possam lidar com inúmeros processos executados simultaneamente no chão de fábrica que compartilham um conjunto finito de recursos, o que pode gerar o *deadlock* (travamento) causado por um evento não programado como a quebra de uma máquina. Assim, o presente trabalho tem com o objetivo implementar e comparar dois algoritmos inteligentes para a tomada de decisão de alocação de recursos por meio de técnicas e conceitos de modelação e normas que permitam ser inseridas em um módulo de tomada de decisão.

Palavras-Chave: indústria 4.0; redes de petri; controle operacional;

ABSTRACT

One of the main goals of Industry 4.0 is mass customization, requiring manufacturing systems to be flexible and able to handle numerous processes running simultaneously on the factory floor that share a finite set of resources, which can lead to deadlock, caused by an unscheduled event such as a machine break. Thus, the present work has the objective of implementing and comparing two intelligent algorithms for the decision making of resource allocation through techniques and concepts of modeling and norms that allow to be inserted in a decision making module.

Keywords: Industry 4.0; petri nets; operational control;

1 INTRODUÇÃO

Os grandes avanços na automação e na tecnologia da informação possibilitaram uma nova mudança nos paradigmas atuais dos sistemas de manufatura, a chamada Indústria 4.0. A produção passará as erdescentralizada, ou seja, as próprias máquinas e produtos tomarão decisões por si próprios, além de comunicar-se e monitorar-se através de interações entre o mundo real e o virtual, viável por conceitos como Internet das Coisas e sistemas cyber-físicos (BANZATO, 2015; BLANCHET et al., 2014). Entretanto, uma pesquisa realizada pela Confederação Nacional da Indústria (CNI) realizada em janeiro de 2016, aponta que “Em relação às tecnologias digitais aplicadas em processo, as empresas industriais brasileiras ainda estão distantes de linhas mais flexíveis e dinâmicas” (CNI, 2016,p.6).

Com bases na revisão bibliográfica, foram escolhidos dois algoritmos de otimização para tomada de decisão diante de uma situação de *deadlock*: o algoritmo da colônia de formigas (ACO) desenvolvido por (DORIGO, 1996) e o algoritmo genético (GA) introduzido por (HOLLAND, 1975). O algo ritmo genético realiza um processo de refinamento sucessivo (*cross-over*) dos genes em busca de melhores soluções, permitindo que os indivíduos na população evoluam com o tempo (MAZZUCCO, 1999). Já o algoritmo da colônia de formigas se baseia no conceito de encontrar o melhor caminho por meio da quantidade de feromônio depositados pelas formigas que passaram por este caminho, criando uma trilha cada vez mais curto entre o formigueiro e o alimento (COELHO e NETO, 2010). Para a simulação dos algoritmos, foi considerado uma fábrica fictícia que produz três produtos A, B e C, com os seus processos P(A), P(B), P(C) com três atividades cada uma, que utilizam as funcionalidades (F1,F2,F3) das máquinas (R1, R2, R3, R4, R5) de acordo com a tabela abaixo:

TABELA 1. Funções e máquinas utilizadas por cada atividade de cada processo

Processos			
P(A) ->	F1	F2	F3
	R2	R3	R5
P(B) ->	F3	F2	F1
	R6	R4	R2
P(C) ->	F2	F3	F1
	R3	R5	R1

As máquinas multifuncionais (Recursos) com as suas respectivas funcionalidades

TABELA 2. Funcionalidades de cada máquina

Recurso	Funcionalidade
R1	F1
R2	F1
R3	F2
R4	F2
R5	F1, F2, F3
R6	F2, F3

E os custos de transporte dentro do chão de fábrica:

TABELA 3. Tabela custo de transporte

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	ENT	SAI
ENT	13	9	5	7	11	15	0	9
SAI	15	11	7	5	9	13	5	0
R1	0	9	11	13	11	9	13	15
R2	5	0	9	11	9	7	11	13
R3	9	5	0	9	7	11	9	11
R4	11	7	9	0	5	9	7	9
R5	7	9	11	9	0	5	9	11
R6	9	11	13	11	9	0	11	13

2 CONCLUSÕES

A pesquisa realizada permitiu observar evidências de que os sistemas de manufatura estão sofrendo uma nova mudança de paradigma, fortemente impulsionados pelo grande avanço em tecnologias de automação e conectividade. Consequentemente, permitindo que produtos e máquinas possam se comunicar e se monitorar entre si, descentralizando o fluxo de informações e de tomada de decisão. Observou-se que o Brasil foca em melhorar o processo de produção, mas está longe de linhas mais flexíveis e dinâmicas. Nesse sentido, percebeu-se a importância do estudo de SPF da necessidade de flexibilidade e automação dos sistemas de manufatura para a sobrevivência no mercado.

Na questão da modelagem de Sistemas Produtivos Flexíveis, notou-se que grande vantagem do PFS é que ela possibilita a descrição funcional e hierárquica do sistema, com possibilidade de abstração gradativa que pode ser interpretada posteriormente em uma RdP, facilitando o projeto de sistemas de controle de SPF.

Espera-se que os saldos ritmos as serem testados apontem para a sequência de menor custo no caso da quebra de uma das máquinas devido ao número baixo de produtos e processos na simulação. Entretanto, em um ambiente real, as empresas produzem diversos produtos ao mesmo tempo em que passam por diversas etapas até a finalização. O cálculo do custo para

cada possibilidade de remanejamento diante a quebra de uma máquina é inviável temporalmente, assim, cada vez mais são adotados métodos aproximados para resolver esse tipo de problema através de algoritmos de otimização como o GA e ACO, que oferecem uma solução razoável com tempo de processamento adequado para o nível operacional da fábrica.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio para o desenvolvimento do presente trabalho.

REFERÊNCIAS

ASATO, O.L. Regeneração de Sistemas Produtivos Mediante a Realocação Dinâmica de Recursos com Flexibilidade Funcional. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, SP, 2015.

BANZATO, E. Indústria 4.0. Logística: Redução de custos na cadeia de valor. [S.l.]: n.299, p. 40-44, set. 2015. Disponível em: <<http://www.imam.com.br/logistica/edicoes/299.pdf>>. Acesso em 4 jun. 2016.

BLANCHET, M. et al. INDUSTRY 4.0: The new industrial revolution: How Europe will succeed. Munique: Roland Berger, 2014.

BELLIFEMINE, F.; CAIRE, G.; GREENWOOD, D.; Developing Multi-Agent Systems with JADE. England: John Wiley & Sons Ltd, 2007.

COELHO, L.; TAVARES NETO, R. Colônia de Formigas: Uma Abordagem Promissora para Aplicações de Atribuição Quadrática e Projeto de Layout. Disponível em: <http://www.dep.ufscar.br/admin/upload//ARTIGO_1156534584.PDF>. Acesso em: 10 out. 2010.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. SONDA GEM ESPECIAL: Indústria 4.0. [S.l.]: ano 17, n.2, abr. 2016. Disponível em:

<http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/cni_estatistica_2/2016/05/16/217/SondEspecial_Industria4.0_Abril2016.pdf>. Acesso em 5 jun. 2016.

DORIGO, M.; MANIEZZO, V.; COLORNI, A. Ant System: Optimization by a colony of cooperating agents. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1996.

HOLLAND, J. H. Adaptation in natural and artificial systems. University of Michigan Press, 1975.

MAZZUCCO, J. Uma Abordagem Híbrida do Problema da Programação da Produção através dos Algoritmos Simulated Annealing e Genético, Tese de Doutorado, Florianópolis-SC: PPGEP/UFSC, 1999.

MIYAGI, P. E.; Controle Programável - Fundamentos do Controle de Sistemas a Eventos Discretos. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda., 194p. 1996.

MURATA, T.; Petri Nets: Properties, Analysis and Applications. Em: Proceeding of the IEEE, vol. 77 n° 4, 1989. pp; 541-580. 1989.

NAKAMOTO, F. Y.; Projeto de Sistemas Modulares de Controle para Sistemas Produtivos. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, SP, 2008.

PAREDE, I.M.; GOMES, L.E.L. Linguagem de programação. In: Eletrônica: Automação Industrial.v.6. São Paulo: Fundação Padre Anchieta, 2011. cap.4, p.66-74.

PETERSON, J. L.; Petri Net Theory and the Modeling of Systems. Englewood cliffs, Prentice-Hall, 1981. 2909p.