

Plano de Estudos: Interação Humano Sistema CiberFísico na Indústria 4.0

Orientador: prof. Ubirajara F. Moreno

Apresentação

As tecnologias emergentes, como os Sistemas CyberFísicos (**CPS**), Internet das Coisas (IoT), comunicação Machine to Machine (**M2M**), os avanços em Inteligência Artificial e manipulação de Big Data, impulsionam iniciativas estratégicas como a Indústria 4.0 [1]. O paradigma dessas iniciativas é a integração de **CPS** autônomos colaborativos com os operadores humanos nos processos de produção, para aumentar a produtividade, segurança, eficiência e flexibilidade.

Os Sistemas Ciber-Físicos (**CPS**) são o resultado da integração de processos físicos com computação, possuindo capacidade de comunicação via rede. Nestes dispositivos os computadores e redes incorporados monitoram e controlam os processos físicos, com ciclos de feedback nos quais processos físicos afetam as computações e vice-versa. Os dispositivos robóticos, sejam eles manipuladores ou móveis são exemplos de **CPS**, que possuem esta estrutura, sendo ainda adicionadas, em grande parte das aplicações a capacidade de tomada de decisão, o que configura-se com um **CPS** autônomo.

Nos últimos anos, o esforço de pesquisa para fornecer a infra-estrutura de comunicação, algoritmos de controle e automação, processamento de big data e robótica levou a avanços tecnológicos, aumentando a inovação. No entanto questões importantes sobre a relação humano-máquina estão surgindo neste novo paradigma, como apontado em trabalhos recentes, a interação entre **CPS** e Humanos autônomos leva ao empoderamento de agentes humanos em um ambiente muito mais complexo [2]. O *man-in-the-loop* é uma nova oportunidade para avanços na tomada de decisões, mas pode ser uma fonte de incerteza para o controle de sistemas, como afirmado no chamado Paradoxo da Automação [3, 4].

Estudos recentes apontam que, no caso de falhas de processo automatizadas, os acidentes tecnológicos ocorreram em um contexto específico em que os operadores humanos estavam diretamente envolvidos no controle de máquinas e indiretamente envolvidos no projeto, manutenção e supervisão dos sistemas homem-máquina. Estes estudos também mencionam que os acidentes tecnológicos são causados principalmente por erros humanos (63 %) e que falhas de material representam 37 % deste total, Estes resultados ressaltam também o uso inadequado de habilidades humanas e a subestimação da importância do treinamento na realização de tarefas cada vez mais difíceis e complexas. De acordo com apontado em [5], pesquisadores, desenvolvedores e projetistas tendem a negligenciar as habilidades e fraquezas de operadores humanos quando da concepção de sistemas de controle industriais [6].

Apesar de considerar o operador humano somente nos últimos estágios do processo de design de um sistema de controle, esperar-se que este operador seja capaz de lidar com situações inesperadas de maneira eficiente, ou seja, que tenha a habilidade de lidar com um sistema complexo que se comporta de maneira inesperada ou em modo de falha, de maneira coordenada, rápida e eficiente [7].

No contexto de Sistemas Inteligentes de Manufatura (**IMS**), as novas possibilidades tecnológicas, como CPS e IoT, dotando os sistemas de controle de autonomia e capacidade de auto-organização possibilitam o surgimento de comportamentos emergentes levando a situações inesperadas. Estas novas situações implicam em uma redefinição do papel do operador humano, levando a a uma mudança de perspectiva no projeto de sistemas de controle. Esta nova perspectiva tem sido designada por diversos pesquisadores como uma abordagem Antropocêntrica [8] ou como abordagem *Human-Centered* [5, 9].

Em relação aos temas de pesquisa estudados nestas abordagens, pode-se citar:

- Sistemas de Sistemas (**SoS**)
- Verificação e validação de sistemas de CPS;
- Integração de sistemas CPS
- Autonomia e cognição de sistemas
- Inteligência colaborativa, considerando máquinas e humanos
- Estudo das relações socio-técnicas das interações entre CPS, operadores humanos e usuários
- Resiliência de sistemas e gestão do erro em sistemas automatizados

Estas novas tendências trazem um grande impacto à área de robótica, na ampliação da utilização de sistemas robóticos em empresas de pequeno e médio porte, e na mudança da interação entre operadores humanos e robóticos.

No aumento da utilização de sistemas robóticos em empresas de menor porte, como ressaltado em[2], uma questão importante que surge é a qualificação necessária para a programação destes dispositivos, considerando não somente a complexidade das tarefas a serem executadas, mas também as demandas de reconfiguração e cooperação entres distintos robôs e os operadores. Algumas soluções apontam para a o comissionamento virtual, introduzindo a teleoperação juntamente com realidade aumentada[10]. Neste contexto a integração destes dispositivos com os operadores humanos , mas também com os demais funcionários de uma planta de produção é um fator fundamental para o sucesso destas aplicações. Esta integração envolve a concepção de sistemas de automação centrados no humano, considerando diversos aspectos da ação humana, como a capacidade de trabalho mental, nível de atenção, capacidade de agir sob pressão, de cooperar, empatia e confiança[5]. Uma abordagem recente na robótica,para o desenvolvimento de novos dispositivos é e *Ethorobótica*, que busca incorporar estudos biológicos sobre a interação entre distintas espécies em ambiente natural [2]. Aplicados á robótica, estes estudos não visam o projeto de robôs bioinspirados, mas sim, buscam estudar as interações e comportamentos emergentes de dispositivos que interagem com outros agentes e com o ambiente.

O objetivo deste trabalho é: A definição de políticas do *codesign* de sistemas de controle de robôs industriais: a proposta para este tópico, é definir políticas para o projeto de sistemas de controle levando em consideração a interação com operadores humanos, numa perspectiva antropocêntrica, também denominada abordagem centrada no humano, considerando segurança , ética e eficiência.

Referências

- [1] C. F. O. C. Neves, U. F. Moreno, and A. Boava, “Iot-based distributed networked control systems architecture,” in *2018 IEEE 23rd International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)*, vol. 1, pp. 991–998, Sep. 2018.
- [2] F. Lamnabhi-Lagarrigue, A. Annaswamy, S. Engell, A. Isaksson, P. Khar-gonekar, R. M. Murray, H. Nijmeijer, T. Samad, D. Tilbury, and P. Van den Hof, “Systems & control for the future of humanity, research agenda: Current and future roles, impact and grand challenges,” *Annual Reviews in Control*, vol. 43, pp. 1–64, 2017.
- [3] R. N. Charette, “Automated to death,” *IEEE Spectrum*, vol. 15, 2009.
- [4] L. Bainbridge, “Ironies of automation,” in *Analysis, design and evaluation of man-machine systems*, pp. 129–135, Elsevier, 1983.
- [5] M.-P. Pacaux-Lemoine, D. Trentesaux, G. Z. Rey, and P. Millot, “Designing intelligent manufacturing systems through human-machine cooperation principles: A human-centered approach,” *Computers Industrial Engineering*, vol. 111, pp. 581 – 595, 2017.
- [6] S. E. McBride, W. A. Rogers, and A. D. Fisk, “Understanding human management of automation errors,” *Theoretical issues in ergonomics science*, vol. 15, no. 6, pp. 545–577, 2014.
- [7] D. Trentesaux and R. Rault, “Designing ethical cyber-physical industrial systems,” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 50, no. 1, pp. 14934 – 14939, 2017. 20th IFAC World Congress.
- [8] E. Rauch, C. Linder, and P. Dallasega, “Anthropocentric perspective of production before and within industry 4.0,” *Computers & Industrial Engineering*, 2019.
- [9] D. Romero, J. Stahre, T. Wuest, O. Noran, P. Bernus, Å. Fast-Berglund, and D. Gorecky, “Towards an operator 4.0 typology: a human-centric perspective on the fourth industrial revolution technologies,” in *International conference on computers and industrial engineering (CIE46) proceedings*, 2016.
- [10] N. Andersson, A. Argyrou, F. Nägele, F. Ubis, U. E. Campos, M. O. de Zarate, and R. Wilterdink, “Ar-enhanced human-robot-interaction - methodologies, algorithms, tools,” *Procedia CIRP*, vol. 44, pp. 193 – 198, 2016. 6th CIRP Conference on Assembly Technologies and Systems (CATS).