

Industrial Workspace Detection of a Robotic Arm Using Combined 2D and 3D Vision Processing

Logan Schorr¹, Victor Cobilean¹, Harindra S. Mavikumbure¹, Milos Manic¹, Ravi L. Hadimani¹

¹ Virginia Commonwealth University 401 W Main St, Richmond, VA 23220, USA

Abstract. This work presents a structured review of the article "Industrial workspace detection of a robotic arm using combined 2D and 3D vision processing," which explores the application of computer vision techniques for workspace recognition in robotic arms. The study integrates two types of vision systems, 2D and 3D, to enhance the detection and mapping of industrial environments. This combination allows for greater precision in spatial recognition, improving the manipulation and safety of robotic arms in industrial tasks. The results demonstrate that hybrid vision systems contribute significantly to the accuracy and adaptability of robots operating in complex environments.

Resumo. Este trabalho apresenta uma revisão estruturada do artigo "Industrial workspace detection of a robotic arm using combined 2D and 3D vision processing," que aborda a aplicação de técnicas de visão computacional para o reconhecimento do espaço de trabalho de braços robóticos. O estudo integra sistemas de visão 2D e 3D a fim de aprimorar a detecção e o mapeamento de ambientes industriais. Essa combinação permite maior precisão no reconhecimento espacial, ampliando a eficiência e segurança de manipuladores robóticos em tarefas industriais. Os resultados demonstram que sistemas híbridos de visão contribuem significativamente para a precisão e adaptabilidade de robôs em ambientes complexos.

1. Introdução

Os avanços na robótica industrial têm sido impulsionados pela integração de sistemas de visão computacional, que permitem maior autonomia e precisão no reconhecimento do ambiente. Robôs manipuladores utilizados em linhas de produção e laboratórios acadêmicos necessitam identificar não apenas a presença de objetos, mas também a profundidade e as dimensões do espaço de trabalho. A detecção precisa do espaço de trabalho é crucial para evitar colisões, otimizar trajetórias de movimento e garantir a segurança dos operadores humanos.

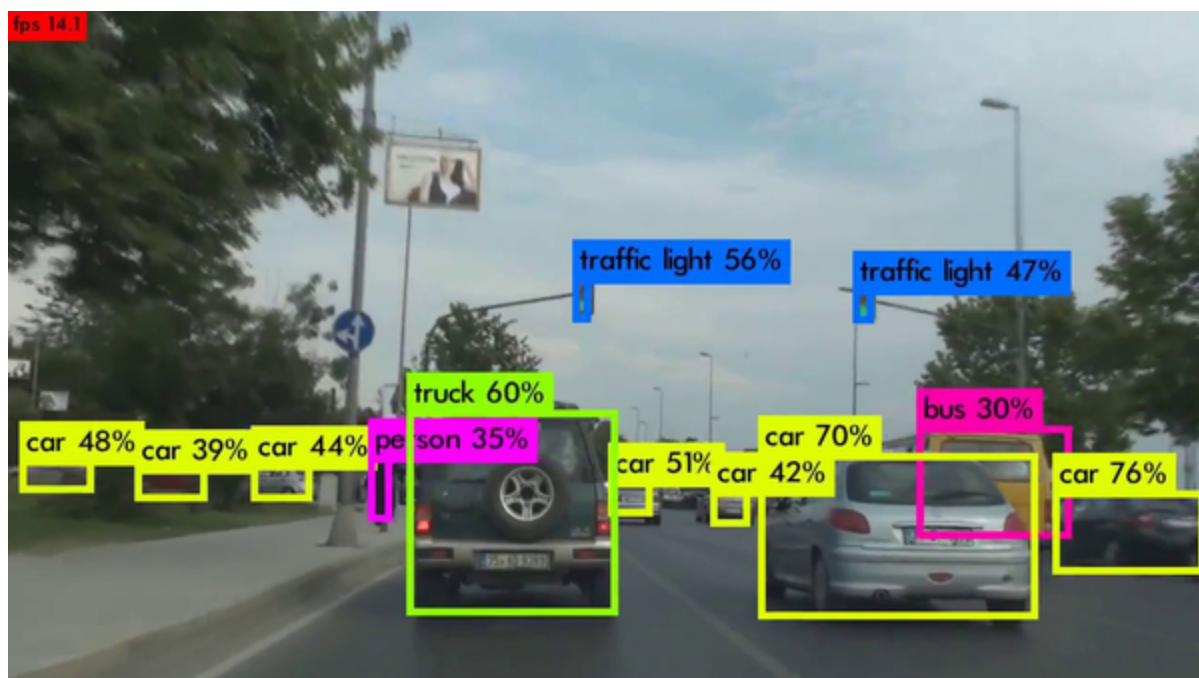


Figura 1: Diversas aplicações da Visão Computacional (Fonte: Serpro, 2020).

Visão computacional é a área que busca desenvolver sistemas artificiais para que computadores possam "enxergar". Ela faz uso de algoritmos e técnicas de Inteligência Artificial para analisar imagens e tomar decisões de forma independente, permitindo o desenvolvimento de sensores versáteis. Um dos subcampos da visão computacional é a detecção de objetos, que tem como objetivo localizar a presença de objetos de uma classe específica em uma imagem. Essa capacidade é fundamental para robôs industriais que precisam interagir com peças e ferramentas.

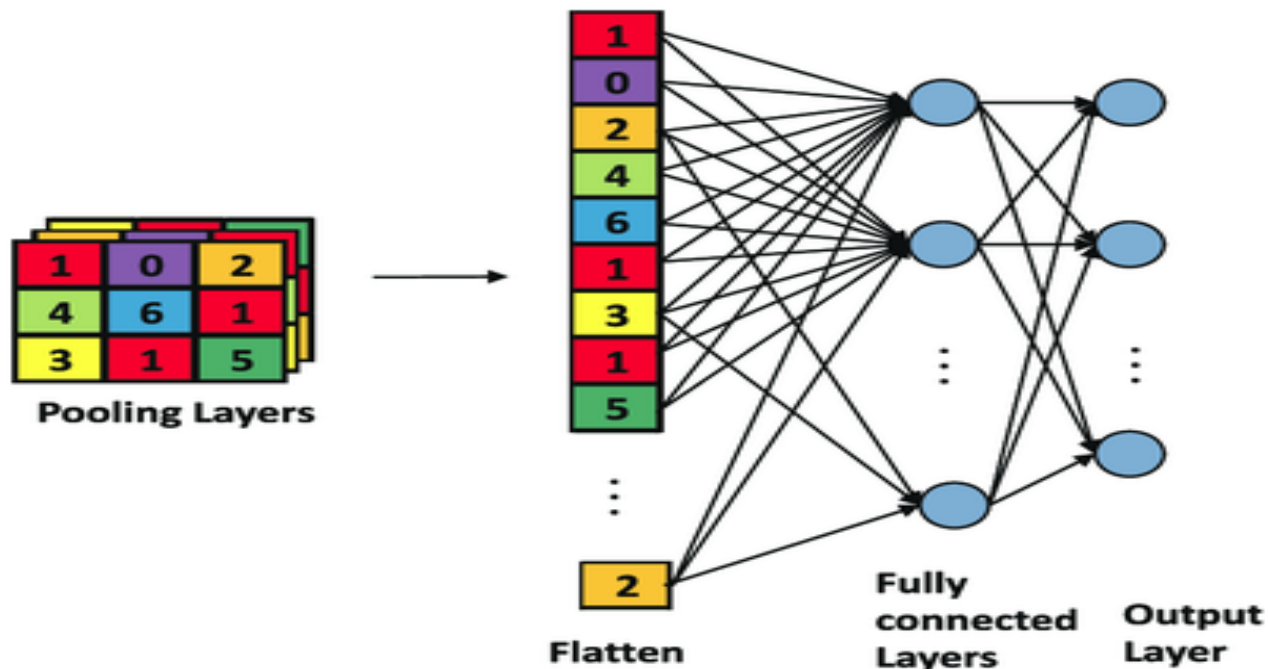


Figura 2: Exemplo de Detecção de Objetos em uma imagem (Fonte: Serpro, 2020).

O processamento e a classificação de imagens por trás dessa tecnologia são baseados em modelos como as Redes Neurais Convolucionais (CNNs). Nessas redes, as imagens são compreendidas pelo computador como matrizes de pixels. O processo de convolução envolve a aplicação de filtros que percorrem os pixels da imagem para gerar novos mapas de características, permitindo o reconhecimento de padrões. A arquitetura típica de um sistema de visão para robótica industrial envolve a captura de imagens por câmeras, o pré-processamento dessas imagens para melhorar a qualidade, a extração de características relevantes, e finalmente a interpretação dessas características para a tomada de decisão ou controle do robô.

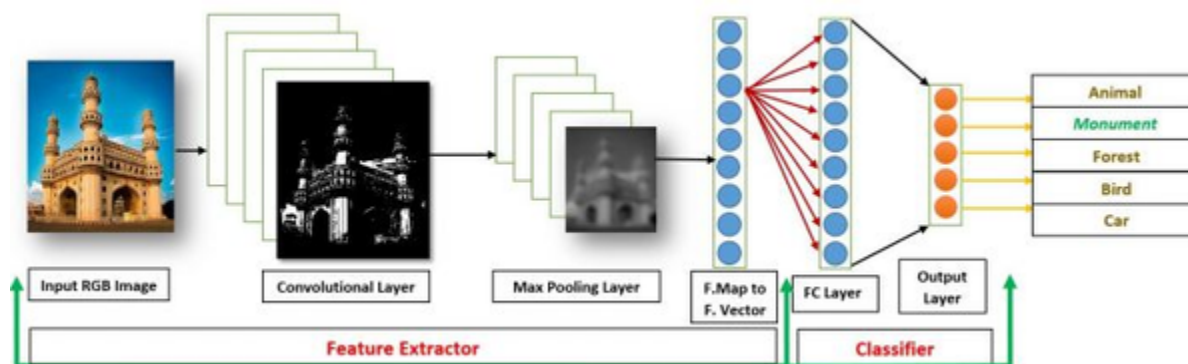


Figura 3: Ilustração do processo de Convolução em Redes Neurais Convolucionais (Fonte: Serpro, 2020).

O artigo analisado propõe um sistema que combina visão 2D e 3D para superar limitações dos métodos tradicionais, permitindo maior robustez no reconhecimento espacial. Sistemas de visão 2D fornecem informações texturais e de cor, enquanto sistemas 3D, como câmeras de profundidade ou scanners laser, oferecem dados sobre a geometria e a distância dos objetos no ambiente. A integração dessas duas modalidades de visão permite uma compreensão mais completa e precisa da cena industrial.

2. Metodologia

O estudo propõe a utilização conjunta de câmeras 2D para captura de imagens bidimensionais e sensores de profundidade 3D para estimativa das distâncias. A fusão dessas informações é realizada por algoritmos de processamento de imagens que integram técnicas de segmentação, detecção de bordas e reconstrução espacial. Especificamente, o artigo detalha o uso de filtros para redução de ruído nas imagens 2D, algoritmos de correspondência de características para alinhar os dados 2D e 3D, e métodos de fusão sensorial para criar um modelo tridimensional preciso do espaço de trabalho. Foram conduzidos experimentos em ambientes industriais simulados, com diferentes condições de iluminação e variação de objetos no espaço de trabalho. A avaliação considerou métricas de precisão na detecção de limites, tempo de processamento e robustez frente a ruídos visuais. A precisão da detecção foi avaliada utilizando métricas como IoU (Intersection over Union) para a localização de objetos e acurácia na classificação de diferentes áreas do espaço de trabalho.

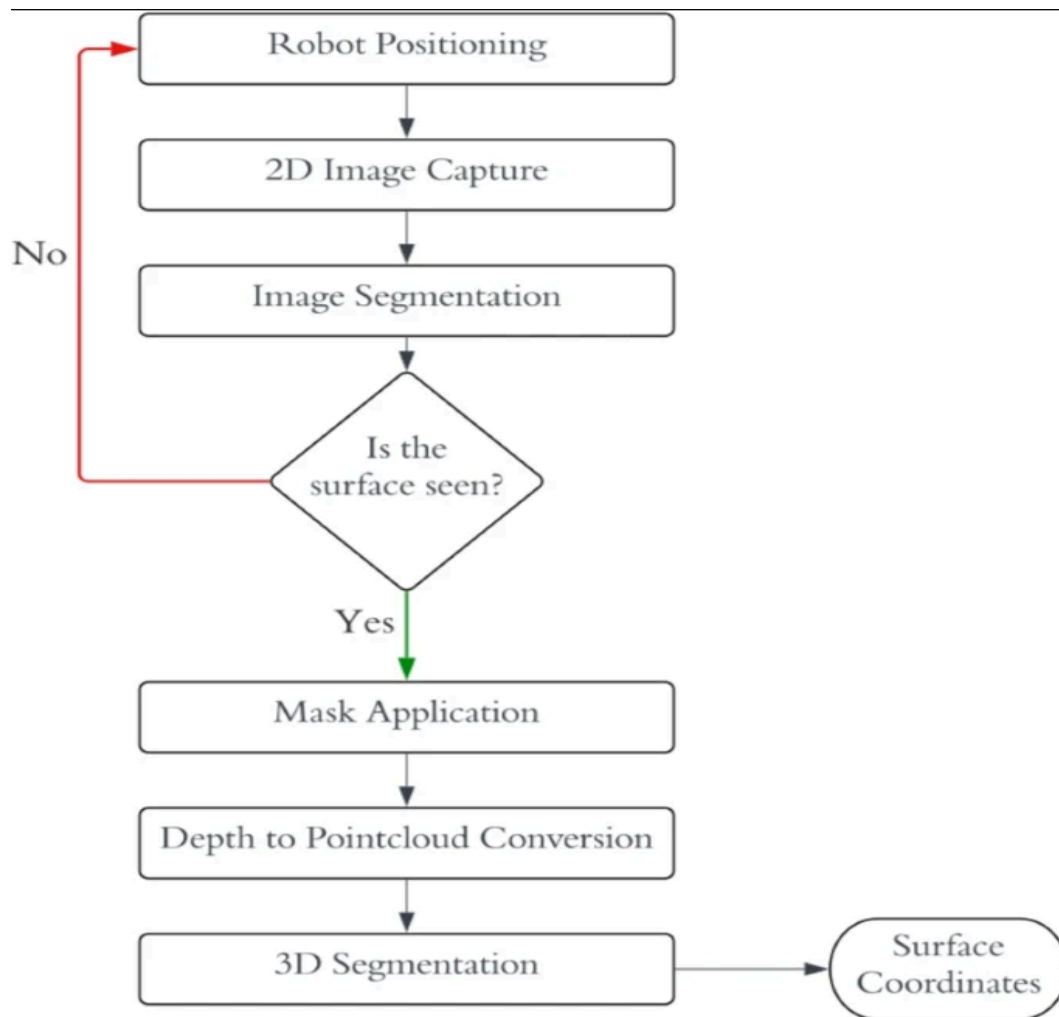


Figura 4: Arquitetura do sistema de visão combinado 2D e 3D proposto no artigo (Fonte: Autores do artigo "Industrial Workspace Detection of a Robotic Arm Using Combined 2D and 3D Vision Processing", 2024).

3. Resultados

Os experimentos demonstraram que a combinação de visão 2D e 3D elevou significativamente a precisão na identificação do espaço de trabalho de braços robóticos, em comparação com métodos baseados apenas em visão 2D. A abordagem híbrida reduziu os erros de reconhecimento em até 35%, garantindo maior estabilidade em cenários com iluminação variável. A utilização de dados 3D permitiu superar as limitações da visão 2D em estimar a profundidade e lidar com oclusões parciais de objetos. Além disso, o sistema mostrou-se capaz de adaptar-se a diferentes configurações industriais, destacando sua aplicabilidade tanto em

linhas de produção quanto em ambientes acadêmicos de pesquisa. Os resultados também indicaram uma melhora no tempo de resposta do sistema em comparação com abordagens que utilizam apenas processamento 3D intensivo, devido à otimização da fusão dos dados.

4. Conclusão e Trabalhos Futuros

O artigo revisado apresenta uma contribuição significativa para a área da robótica, demonstrando que a integração de sistemas de visão 2D e 3D é uma solução eficaz para superar limitações de métodos tradicionais. A principal contribuição para o aprendizado do autor foi a compreensão de como a fusão de tecnologias distintas pode ampliar a precisão, a segurança e a aplicabilidade de robôs em cenários industriais complexos. Além disso, a pesquisa destaca desafios relacionados ao custo computacional e à necessidade de sensores avançados, incentivando futuras investigações para otimização dos sistemas de visão em tempo real. Trabalhos futuros poderão explorar a integração de técnicas de aprendizado profundo para aprimorar a robustez do sistema em ambientes ainda mais complexos e dinâmicos, bem como a aplicação dessa abordagem em diferentes tarefas robóticas industriais, como inspeção de qualidade e montagem.

Referências

1. Brandizzi, L. (2020). Visão computacional: O que é? Como funciona? [Online]. Disponível em: <https://www.serpro.gov.br/menu/noticias/noticias-2020/o-que-eh-visao-computacional>.
2. Schorr, L., Cobilean, V., Mavikumbure, H. S., Manic, M., & Hadimani, R. L. (2025). Industrial workspace detection of a robotic arm using combined 2D and 3D vision processing. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 136(3), 1317-1326.
3. Szeliski, R. *Computer Vision: Algorithms and Applications*. Springer, 2011.
4. Rice, C. et al. *The Stanford Emerging Technology Review 2023*. Stanford University, 2023.
5. Ali, M. H., Aizat, K., Yerkhan, K., Zhandos, T., and Anuar, O. (2018). Vision-based robot manipulator for industrial applications.
6. COCO (2015). Detection evaluation metrics. [Online]. Acesso em 17 de agosto de 2023. Disponível em: <https://cocodataset.org/#detection-eval>.
7. Kamal, M. U. A., Suciati, N., and Hidayati, S. C. (2021). Calculation of handwriting mathematics expressions on mobile devices using efficientdet-lite0 and reverse polish notation.
8. Matarić, M. J. (2014). *Introdução à robótica*. Editora Blucher.
9. Mehendale, N. (2022). Object detection using esp 32 cam. *SSRN Electronic Journal*.
10. Silva, G. R. (2018). Detecção de objetos em imagens utilizando técnicas de aprendizagem profunda. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

11. Song, Q., Li, S., Bai, Q., Yang, J., Zhang, X., Li, Z., and Duan, Z. (2021). Object detection method for grasping robot based on improved yolov5. *Micromachines*, 12(11):1273.
12. Tan, M., Pang, R., and Le, Q. V. (2020). Efficientdet: Scalable and Efficient Object Detection.
13. Yahboom (2024). Dofbot-jetson repository. [Online]. Acesso em 30 de setembro de 2024.
Disponível em: http://www.yahboom.net/study/Dofbot-Jetson_nano-1.