MANNA VISIONQC: SISTEMA DE VISÃO COMPUTACIONAL PARA DETECÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE FORMAS GEOMÉTRICAS E CORES EM UMA ESTEIRA DE TRANSPORTE

Julia Yamada Holzschuh (Manna/CNPq/FA), João Vitor Durso Ferraz (Coorientador), Linnyer Beatrys Ruiz Aylon (Orientador). E-mail: lbruiz@uem.br

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Maringá, PR.

Robótica, Mecatrônica e Automação

Palavras-chave: Visão Computacional; Inteligência Artificial; Automação.

RESUMO

Este projeto de pesquisa envolveu o desenvolvimento de um sistema embarcado de visão computacional, denominado Manna VisionQC, para a classificação e separação de objetos. A parte física incluiu a modelagem 3D da esteira no Fusion 360 e no Blender, seguida da fabricação das peças em filamento PLA. O sistema de correia foi concebido com um motor de passo NEMA 17, enquanto a separação das peças é realizada por um módulo com servomotores controlados por um Arduino Mega 2560. Quanto ao software, foi implementado um algoritmo de visão computacional utilizando YOLOv11 da Ultralytics, pré-treinado com um dataset 2D e posteriormente treinado com 203 imagens próprias, organizadas e anotadas no Roboflow. O dataset final foi dividido em 80% para treinamento, 10% para validação e 10% para teste, com aplicação de data augmentation. O treinamento foi realizado no Google Colab durante 100 épocas. O modelo apresentou Precision de 96,04%, Recall de 97,44%, mAP@50 de 99,15% e mAP@50-95 de 83,66%, demonstrando elevada capacidade de detecção e inferência em tempo real. Os resultados evidenciam o potencial da abordagem para aplicações de inspeção e classificação automatizadas.

INTRODUÇÃO

A automação de processos industriais tem impulsionado o desenvolvimento de soluções capazes de aumentar a eficiência, reduzir falhas associadas a fatores humanos e minimizar a necessidade de inspeções manuais (LOAIZA et al., 2024). Nesse contexto, técnicas de visão computacional vêm sendo amplamente empregadas para automatizar tarefas de detecção e classificação de objetos. Entre os modelos utilizados para esse fim, destacam-se as redes neurais convolucionais da família YOLO (You Only Look Once), capazes de extrair características das imagens e realizar detecções em tempo real (ABDELHAFEEZ et al., 2025; PUTRADI; SETIAWAN; SUMARI, 2024). Estudos também apresentam sistemas de reconhecimento integrados a mecanismos de separação e manipulação de objetos

em processos automatizados (BOROVKOV; MARTIROSYAN; PROTASOV, 2024). Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo desenvolver o Manna VisionQC, um sistema composto por hardware e software capaz de detectar, classificar e direcionar objetos por meio da integração entre visão computacional, comunicação serial e um sistema embarcado.

MATERIAIS E MÉTODOS

A fim de obter-se a base teórica, foram consultadas as bases de dados *IEEE Xplore* e *Google Scholar*, utilizando uma string de busca específica e critérios de inclusão e exclusão previamente definidos, resultando em 11 artigos relevantes para a extração de dados que foram usados como base de escolha dos métodos utilizados durante o projeto. Com o intuito de realizar a implementação física, foi desenvolvido um modelo 3D da esteira no Fusion 360 e Blender 3D impresso com filamento PLA. Além disso, o sistema da correia utiliza um motor de passo NEMA 17, enquanto a separação das peças é feita por servomotores controlados por um Arduino Mega 2560. Após a detecção realizada por uma webcam, o modelo envia, através de comunicação serial, um identificador numérico correspondente a classe detectada, permitindo o acionamento do servomotor responsável pela separação da peça.

Para o desenvolvimento do sistema, utilizou-se o modelo de visão computacional YOLOv11 da Ultralytics, o qual demonstrou grande eficácia para atividades de classificação e detecção segundo os trabalhos estudados, inicialmente pré-treinado com um *dataset* 2D e, posteriormente, treinado com um *dataset* próprio composto por 203 imagens das peças utilizadas no projeto. As imagens foram anotadas e organizadas manualmente na plataforma Roboflow, sendo divididas em 80% para treinamento, 10% para validação e 10% para teste. O treinamento foi realizado em um Notebook do Google Colab durante 100 épocas, utilizando *patience* de 20 épocas e com aplicações de parâmetros de data augmentation no *dataset* para obtenção de variações das imagens do *dataset*.

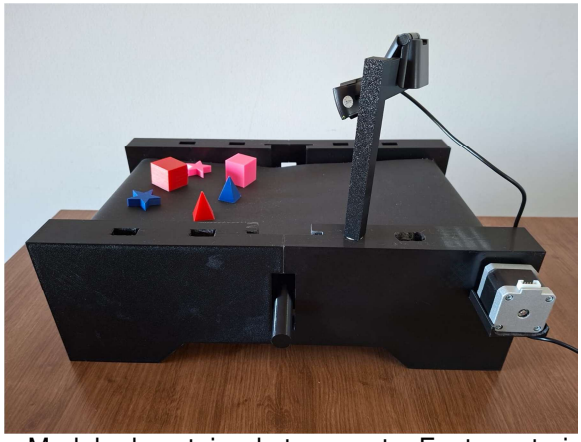


Figura 1 - Modelo da esteira de transporte. Fonte: autoria própria.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na etapa de desenvolvimento mecânico, a modelagem 3D da esteira foi orientada à distribuição dos esforços na estrutura. Foram adotados preenchimento treliçado nas peças impressas e transições da base com inclinação de 45°, favorecendo a distribuição das cargas. Os encaixes foram dimensionados para evitar deformações ou comprometimento estrutural dos furos, enquanto elementos de fixação perpendiculares consolidam o conjunto e reduzem esforços indesejados sobre rolamentos e cilindros, permitindo seu livre movimento. O acionamento da correia é realizado por um motor de passo NEMA 17 associado a uma shield de potência, responsável por fornecer a corrente necessária ao motor a partir dos comandos do sistema. Os servomotores do módulo de separação são comandados pelo Arduino Mega 2560. A estrutura central também incorpora um ajuste vertical deslizante, que mantém a correia tensionada durante a operação e permite seu afrouxamento para manutenção.

Durante o treinamento do modelo YOLOv11, foi obtido um desempenho satisfatório, alcançando valores de 96,04% de *Precision*, 97,44% de *Recall*, 99,15% de mAP@50 e 83,66% de mAP@50-95, métricas que indicam elevada capacidade de detectar e classificar as formas geométricas e cores presentes no *dataset*. Ademais, a matriz de confusão apresentou predominância de classificações corretas entre as classes avaliadas, evidenciando boa capacidade de generalização para as imagens utilizadas nos testes.

Embora o conjunto de dados seja composto por apenas 203 imagens, o pré-treinamento aliado às técnicas de *data augmentation* possibilitaram a obtenção de métricas compatíveis com as características do *dataset*. Durante os testes de inferência em tempo real, foi observado que fatores como iluminação e orientação das peças podem ocasionar confusões entre determinadas classes, comportamento descrito na literatura para aplicações de visão computacional. Nos testes de integração entre o modelo e o sistema embarcado, a *webcam* capturou as imagens das peças enquanto o YOLOv11 realizou sua identificação em tempo real, exibindo as classes detectadas no terminal do VS Code. Cada classe reconhecida nas imagens foi associada a um identificador numérico e transmitido ao Arduino Mega 2560 por comunicação serial. Após o recebimento dessas informações, o microcontrolador acionou corretamente os servomotores correspondentes, validando a comunicação entre o sistema de visão computacional e o sistema embarcado.

CONCLUSÕES

O desenvolvimento do *Manna VisionQC* demonstrou a viabilidade da integração entre técnicas de visão computacional e sistemas embarcados para a automação da detecção, classificação e separação de objetos. O modelo YOLOv11 apresentou elevado desempenho durante o treinamento, permitindo a identificação das formas geométricas e cores em tempo real. Além disso, os testes de comunicação serial validaram a integração entre o modelo de inteligência artificial e o Arduino Mega

2560, possibilitando que as informações provenientes da classificação fossem convertidas em comandos para o acionamento dos servomotores.
Como perspectiva de continuidade, trabalhos futuros poderão ampliar o conjunto de dados com imagens obtidas em diferentes condições de iluminação, o que melhora a capacidade de generalização do modelo. Além disso, pode ser expandido para investigar a utilização de modelos mais robustos da família YOLO, a implementação de estratégias de rastreamento (*object tracking*) e a avaliação do sistema em esteiras operando com maiores velocidades e em condições reais de produção.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao @manna_team, à Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná (FA), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Brasil e a UEM, pelo apoio.

REFERÊNCIAS

ABDELHAFEEZ, Y. et al. AI-Driven Deep Learning and Robotic Arm System for Post-Harvest Sorting. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRICAL ENGINEERING (ICEENG), 15., 2025, Cairo. Anais [...]. Cairo: IEEE, 2025. p. 1-6. DOI: 10.1109/ICEENG64546.2025.11031362.

BOROVKOV, G. S.; MARTIROSYAN, K. V.; PROTASOV, Y. A. Robotic Manipulator Software and Hardware Development Using Recognition Algorithms. In: CONFERENCE OF YOUNG RESEARCHERS IN ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING (ELCON), 2024, Saint Petersburg. Anais [...]. Saint Petersburg: IEEE, 2024. p. 335-338. DOI: 10.1109/ElCon61730.2024.10468466.

LOAIZA, L. et al. Application of a Neural Network to Feed Bag Tag Detection Systems. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON AUTOMATION; XXVI CONGRESS OF THE CHILEAN ASSOCIATION OF AUTOMATIC CONTROL (ICA-ACCA), 2024, Santiago, Chile. Anais [...]. Santiago: IEEE, 2024. p. 1-5. DOI: 10.1109/ICA-ACCA62622.2024.10766840.

PUTRADI, D. F.; SETIAWAN, B.; SUMARI, A. D. W. Real Time Tobacco Leaf Classification Machine Using the Computer Vision with YOLO Approach on Jetson Nano. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRICAL AND INFORMATION TECHNOLOGY (IEIT), 2024, Malang, Indonesia. Anais [...]. Malang: IEEE, 2024. p. 19-24. DOI: 10.1109/IEIT64341.2024.10763208.