

Relatório 23 - Leitura: Computer Vision Applied To The Inspection And Quality Control Of Fruits And Vegetables (III)

Lucas Augusto Nunes de Barros

Descrição das atividades

A visão computacional é amplamente utilizada na indústria alimentícia para classificação, estimativa de qualidade, monitoramento de processos e avaliação de testes experimentais. Essa tecnologia permite a análise de atributos como maturação, tamanho, peso, cor, bem como outras características que influenciam na atratividade do produto final. Diferentemente da inspeção manual, que é suscetível a erros humanos, sistemas automatizados oferecem objetividade, rapidez e capacidade de operar em espectros eletromagnéticos invisíveis ao olho humano, como ultravioleta (UV) e infravermelho (IR).

A natureza biológica de frutas e vegetais apresenta desafios únicos para a visão computacional devido à grande variabilidade de cores, formas, tamanhos e texturas, que são notadas até mesmo em produtos colhidos simultaneamente e provenientes da mesma matriz. Além disso, existem as alterações acontecidas após a colheita, influências causadas pelas condições de armazenamento, e a necessidade de detectar defeitos como contaminações, essas tarefas exigem algoritmos complexos que consigam alcançar o equilíbrio entre velocidade e precisão para atender às demandas comerciais.

Existe uma relação direta entre a qualidade das imagens e a precisão do modelo, sendo necessário encontrar um equilíbrio entre qualidade e tamanho da imagem. Para isso, é preciso que a imagem tenha um formato razoavelmente pequeno, mas que mantenha as características necessárias para o processamento da rede. Sabendo disso, é preciso integrar ao sistema de visão computacional um bom sistema de visão, para que o modelo tenha informação suficientemente boa para trabalhar.

A qualidade da imagem depende basicamente de dois componentes, o sistema de iluminação e a câmera. O sistema de iluminação deve fornecer radiação uniforme, evitando reflexos e sombras. Podem ser constituídos por lâmpadas fluorescentes, halógenas ou LEDs, dependendo da aplicação, do objeto analisado, etc. Técnicas de iluminação difusa para objetos esféricos e retroiluminação para análise de contornos são soluções que aumentam a precisão do modelo em situações específicas. Assim como os sistemas de iluminação, as câmeras utilizadas podem variar dependendo da aplicação e dos espectros analisados, permitindo a captura de imagens em diferentes frequências, como UV e IR, detectando condições invisíveis ao olho humano.

O artigo detalha alguns métodos de processamento de imagem, como transformações de espaço de cor, RGB (*Red Green Blue*), HSI (*Hue Saturation Intensity*), Lab*, que são essenciais para manipular as cores em cada tipo de aplicação. Devido às novas informações contidas nesse trecho do artigo, busquei algo de forma a complementar meus conhecimentos sobre os espaços de cor.

O espaço de cor RGB, composto por três canais, vermelho, verde e azul, é amplamente utilizado em visão computacional devido à sua simplicidade e popularidade. Esse é um modelo aditivo que permite operações básicas, como

filtragem e convolução. No entanto, sua sensibilidade a variações de iluminação limita sua aplicação em cenários complexos, como ambientes com sombras ou mudanças bruscas de luz. Além disso, a distância entre as cores não é uniforme e projetada para simular a visão humana.

Já o espaço HSI decompõe a cor em matiz, saturação e intensidade, oferecendo maior robustez em tarefas de segmentação baseada em cor. A separação entre tom e brilho facilita a detecção de objetos com cores específicas, como placas de trânsito ou regiões de pele humana, mesmo sob condições de iluminação variável.

Por fim, o espaço Lab* (CIELAB) destaca-se por sua uniformidade perceptual, aproximando-se da maneira como os humanos enxergam cores. Sua estrutura, com luminância (L) e eixos cromáticos (a^* e b^*), permite comparações precisas de cor, sendo ideal para aplicações críticas, como controle de qualidade industrial ou análise de imagens biomédicas. Para reproduzir sempre a mesma cor era preciso desenvolver uma forma de quantificar as propriedades de uma cor e determinar a diferença numérica entre as cores. O CIELAB ou CIE $L^*a^*b^*$ é um espaço de cores que independe do dispositivo, diferente do RGB, para medir e comparar com precisão todas as cores perceptíveis. Nesse espaço de cores, as disparidades numéricas entre os valores representam o grau de mudança de cor que os seres humanos podem perceber.

Um dos principais desafios no campo da calibração de cores é que a cor aparente de um objeto pode variar bastante conforme as condições de iluminação e configuração da câmera, o que induz a interpretações erradas por parte dos sistemas computacionais. Para solucionar esse problema, os algoritmos de calibração de cor seguem duas etapas: primeiro, estimam os parâmetros da iluminação presente na cena e, em seguida, ajustam as cores da imagem para simular como o objeto apareceria sob uma fonte de luz neutra e ideal.

No artigo, uma das referências descreve o uso de visão computacional para avaliar o volume de frutas e vegetais. Esse é um problema recorrente para a visão computacional devido à natureza irregular do crescimento biológico. Sistemas de visão capturam imagens 2D ou 3D e utilizam algoritmos para reconstruir a geometria do objeto, frequentemente aproximando-os por formas geométricas conhecidas, o que facilita os cálculos apesar de não ser totalmente preciso. Comparado com métodos como o deslocamento de água, que mede diretamente o volume deslocado, o método de aproximação por aquisição de imagens possui vantagens como não ser destrutivo e ser facilmente integrável em diversas aplicações, sem necessidade de tanques de água e a submersão dos alimentos.

O formato, uma das principais características analisadas pelos compradores, precisa ser avaliada de maneira a identificar irregularidades ou defeitos que afetam a qualidade. Os algoritmos devem detectar contornos e superfícies em imagens para detectar assimetrias e possíveis más formações ou características não desejáveis pelo consumidor. O artigo menciona o uso de técnicas como a análise de Fourier, responsável por quantificar características relativas ao formato, permitindo distinguir os frutos. Esse processo é importante principalmente em aplicações industriais automatizadas, onde o formato influencia processos de embalagem e consequentemente a eficiência do despacho desses materiais. O artigo destaca ainda que a percepção das cores varia também conforme a textura da superfície analisada, sendo uma característica frequentemente estudada para auxiliar na detecção de defeitos.

Conclusão

É possível concluir que o artigo descreve formas de como a visão computacional aprimora a inspeção de frutas e vegetais, processados ou não, superando limitações humanas, detectando características além do espectro visível e atuando como uma ferramenta de otimização. Câmeras inteligentes, com processadores integrados, e câmeras IP, para monitoramento remoto, ganham popularidade, apoiadas por avanços em algoritmos adaptativos, redes convolucionais e processamento de borda em tempo real. O artigo destaca ainda a necessidade de continuar avançando na criação de métodos mais eficientes para situações cada vez mais específicas, aproveitando a crescente capacidade computacional e sistemas de aquisição de imagens hiperespectrais, que ampliam as possibilidades de inspeção automatizada.

Referências

[1] [GLOBAL.CANON.COM](https://global.canon/en/imaging/picturestyle/editor/matters05.html#:~:text=The%20HSL%20notation%20used%20in,%2C%20and%20luminosity%20(L)>). Understanding the HSL color system. Disponível em:
<[https://global.canon/en/imaging/picturestyle/editor/matters05.html#:~:text=The%20HSL%20notation%20used%20in,%2C%20and%20luminosity%20\(L\)](https://global.canon/en/imaging/picturestyle/editor/matters05.html#:~:text=The%20HSL%20notation%20used%20in,%2C%20and%20luminosity%20(L)>)> Acesso em 22 de maio de 2025

[2] [HUTERLAB.COM](https://www.hunterlab.com/blog/what-is-cielab-color-space/#:~:text=The%20CIELAB%20color%20space%20uses,to%20a%20different%20color%20scale>) What Is CIELAB Color Space? Disponível em:
<[https://www.hunterlab.com/blog/what-is-cielab-color-space/#:~:text=The%20CIELAB%20color%20space%20uses,to%20a%20different%20color%20scale](https://www.hunterlab.com/blog/what-is-cielab-color-space/#:~:text=The%20CIELAB%20color%20space%20uses,to%20a%20different%20color%20scale>)> Acesso em 22 de maio de 2025