

VISÃO COMPUTACIONAL – APLICAÇÕES NA AUTOMAÇÃO DE INSPEÇÕES E PROCESSOS

Denny Paulista Azevedo Filho¹

¹Graduando em Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, IFSP, Campus Caraguatatuba, dennyazevedo@gmail.com.
Área de conhecimento (Tabela CNPq): Processamento Gráfico (*Graphics*) - 1.03.03.05-7

Resumo. As empresas têm crescente necessidade de aumentar sua produtividade e qualidade. Uma das formas para promover a garantia e/ou aumento da qualidade de produtos industriais ou validação de documentos, é por meio da inspeção de conformidade e/ou funcionalidade dos mesmos. A grande maioria dos processos de inspeção é efetuada de forma manual e a sua eficácia depende da visão e interpretação do funcionário. Fatores que devem ser considerados quando se possui dependência da visão e interpretação humana, como fontes de informações para a realização da inspeção, são as “falhas” ou “distorções” pertinentes a ilusão de óptica e aos efeitos gerados pela fadiga ou cansaço visual. Portanto, a automação destes processos através do uso de visão computacional, processamento de imagens digitais e determinação de padrões vêm contribuindo cada vez mais para a melhoria nos processos de inspeção e conseqüentemente no aumento de qualidade e/ou produtividade das empresas. O uso destas técnicas nas mais diversas situações e processos tem permitido melhoras no controle dos processos empresariais.

Palavras-chave: Visão computacional; Processamento digital de imagem; Automação; Ilusão de óptica; Determinação de padrões.

1. INTRODUÇÃO

Para promover a garantia e aumento da qualidade de produtos empresariais ou validação de documentos um dos processos utilizados é a inspeção de conformidade e/ou funcionalidade destes. Ainda hoje, a maioria dos processos de inspeção ou validação são efetuados de forma manual e a sua eficácia depende da visão e interpretação do funcionário. Verificação de medidas ou posicionamento geométricos, acabamentos, escritas, datas, nomes e funcionalidades são efetuados de forma visual, lendo os resultados apresentados por instrumentos ou observando os produtos e documentos a serem inspecionados.

Quando possuímos dependência da visão e interpretação humana, como fontes de informações para a realização da inspeção e validação, devemos considerar aos efeitos gerados pelo cansaço visual e fadiga, e as “falhas” ou “distorções” pertinentes a ilusão de óptica.

Por isso o uso de visão computacional para automação de inspeção e/ou validação onde, ainda hoje, se utiliza a visão humana, pode contribuir com o aumento de qualidade e/ou produtividade nas empresas.

Neste artigo serão mostrados os principais fatores que geram as possíveis falhas nas interpretações e leituras efetuadas através da visão humana e as aplicações de visão computacional em vários segmentos empresariais e sociais com relativo sucesso, alcançando seus principais objetivos que são a melhora da qualidade e/ou produtividade.

2. FUNDAMENTAÇÃO

2.1. Visão Humana

Metade da capacidade de processamento do cerebral é utilizada na visão. O olho humano possui uma grande quantidade de sensores para captar informações visuais, com um complexo conjunto de centros nervosos, que analisa e processa as informações visuais. Mesmo com este conjunto complexo de elementos o cérebro pode errar nas interpretações das informações visuais. (AZEVEDO FILHO, 2017)

2.1.1. Anatomia do Olho Humano

O olho humano, com formato esférico, é revestido por membranas: a córnea, a esclerótica, a coróide e a retina. O cristalino é responsável pela absorção da luz visível. É na retina que se forma

as imagens, com o auxílio dos cones e bastonetes. Os cones, fornecem a visão de luz clara, são sensíveis a cores e permitem a percepção de pequenos detalhes. Os bastonetes, fornecem a visão de luz escura, permitem uma visão geral, reduzindo o nível de detalhes discerníveis, não são utilizados em visão colorida. (GONZALES; WOODS, 2000)

Os cones e bastonetes são distribuídos de forma radial e simétrica, tendo com centro a fóvea, responsável pela visão mais apurada, é o centro do campo visual. Utilizamos a fóvea para fixar os objetivos em uma cena ou imagem. (GONZALES; WOODS, 2000)

2.1.2. Percepção da Imagem

No processo de visão a imagem que se forma invertida na retina, utilizando relações geométricas o cérebro se encarrega de ajustá-la para uma percepção real e calcula o tamanho do objeto visualizado. Devido ao processamento necessário para a discernimento das imagens, os recursos do cérebro são concentrados em uma pequena região da imagem, onde o foco ou atenção do observador está. O cérebro utiliza duas técnicas de processamento de imagem: detecção de limiar e filtragem de informações. A visão humana utiliza métodos comparativos e quantitativos, com isso, algumas ilusões podem ocorrer. (AZEVEDO FILHO, 2017)

2.1.3. Ilusão de Óptica

Ao erro ou engano de interpretação da imagem captada pela visão humana denominamos ilusão de óptica. A imagem formada na retina é plana, portanto o cérebro processa uma imagem plana para captar noções de altura, profundidade e largura. (AZEVEDO FILHO, 2017)

As interferências que as ondas de luz podem sofrer, modificando a percepção da imagem são:

- Aberrações cromáticas: as cores são ondas de luz com diferentes comprimentos. Logo, o foco será diferente para cada cor, degradando a qualidade da imagem e a acuidade visual.
- Aberrações monocromáticas: as ondas de luz ao passarem pela córnea e cristalino, geram desvios diferentes entre as ondas centrais e as ondas periféricas, não coincidindo o ponto focal. A córnea e o cristalino atenuam essa aberração possuindo uma forma esférica¹.

Uma imagem necessita ter um sentido ou compreensões reais. No caso da ocorrência de distorções ou falta de informações visuais ao ser processada a imagem plana, pelo cérebro, essas distorções são “corrigidas” ou as informações “completadas”, gerando as ilusões de óptica.

Cabe destacar que esses efeitos podem causar interpretações inadequadas em aplicações que envolvam inspeção de peças e produtos ou validações de documentos. (AZEVEDO FILHO, 2017)

2.2. Processamento Digital de Imagens

As pesquisas em Processamento de Imagens Digitais (PID) surgiram em função de duas principais áreas de aplicação de informações visuais: melhoria da imagem para a análise humana e o processamento de dados de imagens para análise automática. (GONZALES; WOODS, 2000)

2.2.1. Imagens Digitais

Imagem, termo para referência de uma função de intensidade luminosa bidimensional $f(x,y)$, na qual resulta a intensidade luminosa (brilho) da imagem nas coordenadas espaciais (x,y) . Como a percepção de imagem é diretamente dependente da iluminação dada pela função $i(x,y)$ e da reflectância, quantidade de luz refletida pela imagem, dada pela função $r(x,y)$, tem-se como resultado a função mostrada na Equação 1. A função $f(x,y)$ precisa ser digitalizada tanto espacialmente quanto em amplitude para ser adequada ao processamento computacional.

$$f(x,y) = i(x,y) \cdot r(x,y) \quad (1)$$

A “Amostragem de imagem” é o termo empregado para a digitalização das coordenadas espaciais (x,y) e “quantização em níveis de cinza” é o termo empregado para a digitalização da amplitude. Uma imagem digital é a representação de uma imagem contínua $f(x,y)$, através de uma matriz $N \times M$, na qual cada elemento é uma quantidade discreta denominada “elemento de imagem”, *pixel* (*picture element* – elemento de figura) ou *pel* (*picture element* – elemento de figura).

Portanto uma imagem digital é uma representação binária de uma cena real, ou um Bitmap (*Binary Digit Map* – Mapa de Dígitos Binários), ou seja, é formada por um grupo de *pixels*

¹ Forma esférica: curvatura na periferia da lente é menor em relação à curvatura do centro da lente.

organizados numa estrutura matricial, onde cada *pixel* é composto por um conjunto de Bits (*Binary Digit* – Dígito Binário) contendo informações sobre sua cor. (GONZALES; WOODS, 2000)

2.2.2. Filtros e ajustes de imagens digitais

- A equalização do histograma é uma técnica que permite o realce de detalhes de uma imagem. Essa técnica é baseada no controle da função densidade de probabilidade dos níveis de cinza por meio da função de transformação $T(r)$. (GONZALES, 2000)
- Binarização ou limiar (*threshold*) é a redução de níveis de cinza de uma imagem digital, a partir de um valor n , chamado de limiar, sendo $n \in K$, onde K são os possíveis níveis de cinza dessa imagem. Nessa operação os *pixels* com níveis de cinza acima do limiar são convertidos para o nível 255 ou cor branco e os *pixels* com níveis de cinza iguais ou abaixo do limiar são convertidos para o nível 0 ou cor preta.
- Filtros lineares visam suavização ou realce de detalhes da imagem digital, ou redução dos efeitos de ruídos. São utilizadas máscaras espaciais, ao invés das transformadas de Fourier, por causa da simplicidade de implementação e desempenho.
 - Filtragem passa-baixa: Bordas e transições abruptas nos níveis de cinza de uma imagem digital, como ruídos, são suavizadas, por meio do borramento (*blur*) de imagem.
 - Filtragem passa-alta: Realça os detalhes da imagem digital, por meio da agudização de imagem. Tornando a transição entre regiões diferentes da imagem mais nítidas. (GONZALES; WOODS, 2000)

3. APLICAÇÕES

Atualmente as técnicas de processamento de imagens digitais são utilizadas em diferentes áreas como: medicina, geografia, arqueologia, astronomia, biologia, apoio à lei, defesa, segurança e aplicações empresariais. (GONZALES; WOODS, 2000)

Segundo, MEDEIROS (1999), a aplicação de técnicas de processamento de imagens digitais em imagens geradas por ultrassom ou laser, permitem a eliminação de ruídos e conseqüentemente a melhora na qualidade das imagens, permitindo análise mais precisa. Uma das possíveis aplicações é na área médica.

Na área de segurança e apoio a lei, pode ser destacada o reconhecimento de impressão digital, face, geometria de mão e formato de unha, todos os métodos utilizando o processamento de imagens para determinação de características, classificação e comparação de minúcias (*Matching*). (CAMPOS, 2001)

A comparação de minúcias (*Matching*) é uma técnica que permite a classificação e localização de imagens em banco de dados contendo imagens similares. Existem vários algoritmos com essa finalidade como, por exemplo os intitulados por Ulmann, Eshera-Fu, Tsai-Fu e Wong. Mas é importante observar que os algoritmos isoladamente não solucionam o problema de localização. (KÄLVIÄINEN; OJA, 1990)

Nas aplicações industriais, principalmente nas empresas automobilísticas e de eletrônica, as inspeções automáticas vêm crescendo constantemente, gerando o desenvolvimento de diversos sistemas comerciais e ferramentas relacionadas, para a inspeção visual. (POLLUX, 2019)

Apesar de existirem técnicas de PID, a mais de 60 anos, em constante evolução e aperfeiçoamento, suas aplicações em áreas profissionais diversas da computação gráfica e da publicidade, não estão esgotadas.

Existem aplicações diretas com a automatização da inspeção de qualidade ou conformidade, principalmente nas empresas automobilísticas e de eletrônica. São utilizados, por exemplo, na detecção de falhas de posicionamento de rótulos, erros de posicionamento de componentes eletrônicos, inspeção de frascos (nível de envasamento), identificação de defeitos de superfície (plástico, metal, papel, não-tecidos), etc. (POLLUX, 2019)

O uso de técnicas de Processamento Digital de Imagem (PID) como filtragens, detecção de bordas e eliminação de ruídos são utilizadas em:

- Inspeção visual por computador, com posterior utilização de técnicas de detecção de bordas, visando determinar formato e tamanho da lima, que é utilizada como matéria-prima na indústria de polpa e papel. (CARVALHO; et al., 1997)

- A indústria de cerâmica utiliza tecnologias de inspeção visual por computador para detectar defeitos na textura de superfície dos azulejos. (BOUKOVALAS; et al., 1995)
- Eliminação de ruídos visando a melhora na qualidade das imagens geradas por ultrassom ou laser. Uma das possíveis aplicações é na área médica, onde a melhora das imagens obtidas por meio de aparelhos de ultrassonografia, possibilita ao médico a análise mais precisa. (MEDEIROS, 1999)

O Algoritmo de Vizinhança, técnica de PID para localização de áreas e objetos em imagens, possui principais aplicações como:

- Determinação de caminhos seguros de navegação em campos minados marítimos (MUADDI; MOUNT, 2002);
- Nas modelagens geométricas, importantes para aplicações de computação gráfica e CAD (*Computer Aided Design* – Projeto Auxiliado por Computador), a determinação de intersecção de superfícies. (LANQUETIN, 2002).

O uso de cálculo do centroide de elementos, ou objetos, em imagens digitais, é utilizado como técnica PID para determinação de posicionamento geométrico, como os apresentados a seguir:

- Como elemento de referência na classificação de possíveis pontos limitantes de um objeto (SILVA; TOZZI, 1996);
- Auxílio a portadores de necessidades especiais no uso de computadores, permitindo deslocamento do ponteiro do mouse, por meio da verificação de deslocamentos verticais e horizontais de objeto localizado na face do usuário;
- Acompanhamento de alvos, em tempo real, por meio de imagens adquiridas por câmeras de vídeo (MADEIRA, 2004).

4. MATERIAL E MÉTODOS

Ao aplicar os mesmos métodos de PID para a seleção de elementos em documentos, mais especificamente certificados de conclusão de cursos, os resultados não foram os mesmos.

Foi utilizado as bibliotecas OpenCV (PID), Numpy, em conjunto com a linguagem Python, para trabalhar com as imagens dos certificados, ambiente Anaconda e ferramenta Visual Studio.

Os tratamentos iniciais experimentados foram: esfumazar a imagem, com aplicação de filtro *Gaussian* para remover altas frequências, remoção de falsas respostas para detecção de bordas, e finalmente a detecção de bordas. (PYIMAGESEARCH, 2018)

Posteriormente, devido à grande fragmentação dos elementos na imagem, se manteve os tratamentos iniciais e foi aplicado o algoritmo de vizinhança para detecção de elementos. (AZEVEDO FILHO, 2017)

5. CONCLUSÕES

Os tratamentos mais comuns para o tratamento de imagens com o objetivo de detecção de bordas, e conseqüentemente a extração de elementos da imagem, no caso em questão, de certificados (documentos), se mostrou insuficiente.

A fragmentação da imagem em grande quantidade de elementos foi muito grande, mesmo retas (percebidas como contínuas e únicas pela visão humana) foram fragmentadas em diversos elementos, dificultando a separação e posterior classificação dos elementos que compõem o certificado. Documentos colocados sobre fundos mais complexos, para extração da imagem, gerou maior quantidade de ruído, atrapalhando a detecção de bordas.

A aplicação do algoritmo de vizinhança melhorou a fragmentação, mas não resolveu o problema, portanto se faz necessário a busca de novas alternativas que permita a detecção de elementos em documentos.

Apesar dos grandes avanços na área de PID, ainda há muito a ser explorado em termos de aplicabilidade, principalmente, nas empresas, visando a automação de inspeção e processos, e numa nova área que, com os custos cada vez menores de hardware de computadores e o aumento exponencial na capacidade computacional, que é a simulação gráfica.

As aplicações são inúmeras, as tecnologias estão mais acessíveis e disponíveis, portanto, o limite é a capacidade e imaginação dos profissionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO FILHO, D. P. **Aplicativo para Inspeção Funcional de Matrizes de Cristal Líquido**. Alemanha: Novas Edições Academicas, 121 páginas, 2017
- BOUKOUVALAS, C.; et. al. **Ceramic Tile Inspection for Colour and Structural Defects**. Surrey, 1995. Universidade de Surrey. Disponível em: <http://citeseer.ist.psu.edu/cs>. Acesso em: 11 out. 2004.
- CAMPOS, T. E. **Técnicas de Seleção de Características com Aplicação em Reconhecimento de Faces**. São Paulo, 2001. Dissertação (mestrado) – Universidade de São Paulo.
- CARVALHO, P.; et. al. **Industrial Visual Inspection of Lime Balls by Neural NetWorks**. Coimbra, 1997. Universidade de Coimbra. Disponível em: <http://citeseer.ist.psu.edu/cs>. Acesso em: 11 out. 2004.
- GONZALES, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento de Imagens Digitais**. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda., 2000.
- KÄLVIÄINAN, H.; OJA, E. **Comparisons of Attributed Graph Matchins Algorithms for Computer Vision**. Finlândia, 1990. Universidade de Tecnologia Lappeenranta. Disponível em: <http://citeseer.ist.psu.edu/cs>. Acesso em: 11 out. 2004.
- LANQUETIN, S.; et. al. **Computing Subdivision Surface Intersection**. Bourgogne, 2002. Universidade de Bourgogne.
- MADEIRA, B. E. **Um Sistema para o Acompanhamento em Tempo Real de Objetos que Apresentam Pequena Variedade de Coloração**. Rio de Janeiro, 2004. Instituto Militar de Engenharia. Referência obtida em: <http://www.de9.ime.eb.br/~madeira/compvis>. Acesso em: 10 maio 2005.
- MEDEIROS, F. N. S. **Filtragem Adaptativa de Imagens de Radar de Abertura Sintética Utilizando a Abordagem Maximum a Posteriori**. São Carlos, 1999. Dissertação (Doutorado) – Instituto de Física de São Carlos.
- MURADDI, J.; MOUNT, D. **Calculating Path sensitivy for Minefield Path Planing**. Mayland, 2002. Universidade de Maryland.
- POLLUX. Site da empresa **Pollux**, apresenta informações sobre automatização baseadas em sistemas de visão computacional. Disponível em: <http://www.pollux.com.br/>. Acesso em: 10 jul. 2019.
- PYIMAGESEARCH, blog reunindo diversos pesquisadores em processamento de imagens, mostrando técnicas e propondo soluções. Disponível em: <https://www.pyimagesearch.com>. Acesso em: 22 nov. 2018.
- SILVA, J. S. P.; TOZZI, C. L. **Um Algoritmo Geométrico para Geração de Funções Discriminantes**. In: IX Simpósio Brasileiro de Computação Gráfica e Processamento de Imagens (SIBGRAPI). Campinas, 1996. Anais p.31-38. Referência obtida em: <http://mirror.impa.br/sibgrapi96/anais/artigos.html>. Acesso em: 10 maio 2005.