

VISÃO POR COMPUTADOR NA INDÚSTRIA TRANSFORMADORA DE CORTIÇA
Estudo de um caso de classificação automatizada

António F. Limas Serafim

Laboratório Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial
L.N.E.T.I./I.E.T.I./D.E.E.
Estrada do Paço do Lumiar, 24
1699 Lisboa Codex - Portugal

RESUMO

Apresenta-se o problema da classificação automatizada de mosaicos de aglomerado de cortiça no contexto das actividades do grupo de visão do Departamento de Electromecânica e Electrónica do Laboratório Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial. Algumas questões relativas à classificação utilizando a visão por computador são genericamente tratadas para introduzir o problema industrial da classificação de mosaicos de cortiça. Refere-se as metodologias utilizadas na selecção de características e apresenta-se um algoritmo de calibração e verificação do sistema de classificação. Os resultados obtidos permitem-nos concluir ser possível obter uma classificação correcta em mais de 85% dos casos. Estes resultados poderão ser claramente melhorados utilizando uma câmara sensível ao infravermelho próximo e um filtro interferencial.

1. INTRODUÇÃO

As indústrias tradicionais baseadas em mão de obra intensiva estão perante um problema de sobrevivência dado o peso cada vez maior desse factor de produção. Por outro lado, a elevada competição entre produtos equivalentes ou similares ao nível dos mercados internacionais requer a introdução, com elevada prioridade, da gestão da qualidade e do contróle automatizado na produção. A solução de alguns dos problemas expostos passa pela introdução das novas tecnologias, especificamente das tecnologias da informação, naquelas indústrias.

A aplicação das tecnologias da informação à indústria tradicional, ao nível do processo de produção, tem vindo a ser realizada em diferentes fases da execução do produto. Porém, tem sido na inspecção e na classificação final e em fases

intermédias cruciais para a qualidade que tem incidido maior esforço. Assim, no que se refere à visão por computador esta tem vindo a ser aplicada à indústria corticeira (rolhas e mosaicos) e poderá vir a interessar outras tais como as das rochas ornamentais e dos produtos cerâmicos.

O LNETI, laboratório nacional de I.D.& D. do Ministério da Indústria e Energia, por intermédio do DEE (grupo de visão) tem vindo a apoiar científica e tecnicamente a introdução da visão por computador na indústria transformadora da cortiça por ser esse um sector com apreciável importância económica no conjunto das nossas exportações e por se tratar de uma tecnologia potencialmente utilizável noutros sectores tradicionais do nosso País. As aplicações da visão por computador mostram, ainda , uma importante especificidade de estudos tecnico-científicos derivada do elevado número de variáveis de cada caso, entre as quais se contam as que estão associadas à ausência de um ambiente estruturado, tornando assim o assunto mais aliciante.

Esta aplicação da visão por computador na indústria dos mosaicos de aglomerado de cortiça insere-se no domínio da classificação automatizada numa primeira fase e no da inspecção de defeitos numa posterior. O trabalho realizado tem incidido na quase totalidade sobre a classificação prevendo-se a instalação a curto prazo de um protótipo industrial em fábrica. A inspecção dos mosaicos necessita de um estudo mais aprofundado sobre as características dos defeitos, sua origem, forma, textura, etc., para a concepção de um processo adequado de os detectar e identificar.

2. CLASSIFICAÇÃO AUTOMATIZADA. SELECÇÃO DE CARACTERÍSTICAS

A classificação automatizada em visão por computador visa distribuir os elementos de um conjunto, definido por um vector de características, por grupos (classes) em conformidade com uma função critério. O espaço das características, povoado de pontos representativos dos diferentes objectos, será compartimentado com base na referida função.

Duas modalidades são normalmente consideradas: uma, denominada de supervisada, baseia-se num conjunto de treino que serve de base à definição dos limites de separação entre classes por permitir a geração de funções de discriminação; outra, chamada de não supervisada, em que não são conhecidas à partida as

classes mas são aplicadas técnicas de agregação baseadas em critérios adequados à melhor descrição das características dos objectos, não se conhecendo à partida o número de classes.

Os vectores de características são construídos com base em propriedades típicas dos objectos, as quais podem ser de natureza geométrica ou física: a forma, a textura, a cor, a reflectância, podem assumir padrões característicos das classes. A selecção das características consiste essencialmente em escolher aquelas mais representativas por serem mais eficazes na separação das classes.

As propriedades visuais das superfícies dos objectos são o repositório principal das características seleccionáveis para a sua classificação podendo destacar-se desde logo as superfícies de objectos feitos pelo homem das que apresentam uma textura natural. As primeiras assumem frequentemente formas geométricas regulares e a sua textura é lisa ou evidencia padrões repetitivos. As segundas têm uma aparência aleatória e as suas propriedades apresentam, em certas escalas, um comportamento fractal.

3. OS MOSAICOS DE AGLOMERADO DE CORTIÇA. SUA CLASSIFICAÇÃO TRADICIONAL E UTILIZANDO A VISÃO POR COMPUTADOR.

3.1. Classificação Manual de Mosaicos

Uma das fases finais da produção de mosaicos de aglomerado de cortiça consiste na sua classificação por diferentes classes e subclasses caracterizadas pela tonalidade e pela textura. Esta operação é realizada por operárias especializadas, escolhidas em função da sua sensibilidade às características referidas.

À classificadora são apresentados mosaicos com características próprias de um conjunto limitado de classes possíveis: L, LA, M, MA, MB, MC, do mais claro para o mais escuro. Assim, sendo o número total de classes referenciado de seis, cada uma contendo duas subclasses, a operadora é apenas confrontada com a classificação por uma ou duas classes em cada turno por razões derivadas do processo produtivo. A operação consiste na comparação das características do mosaico com as de duas referências, correspondentes aos padrões mais escuro da classe e mais escuro da classe mais clara que lhe é contígua, por forma a avaliar a sua inserção no intervalo definido pelas referências.

A classificação manual referida produz erros por se tratar de uma operação monótona e muito dependente de factores ambientais (variações de intensidade e qualidade da iluminação) e humanos. Os resultados obtidos são por vezes muito subjectivos, especialmente quando se trata de classificar em certas classes com características tão próximas que provocam inversões na escala normal se se variar o ângulo de observação. As dificuldades da classificação de mosaicos de aglomerado podem ser sentidas se se observar a figura 1.

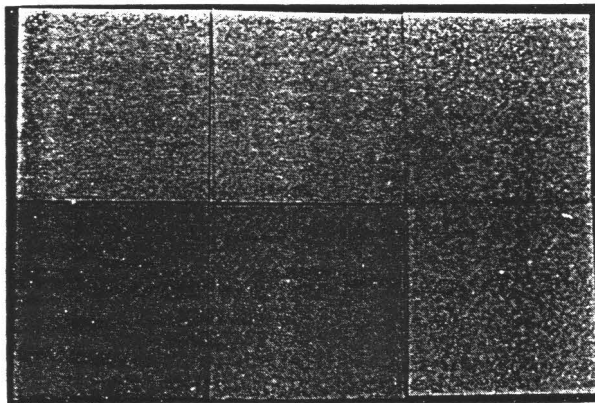


Fig. 1 - As seis classes de mosaicos de aglomerado de cortiça. Da esquerda para a direita em cima : classes L, LA, M; em baixo MC, MB, MA.

3.2. Classificação baseada na visão por computador

Estritamente falando, um sistema mínimo de visão por computador é constituído por um sensor da intensidade luminosa do espectro visível, por electrónica para a aquisição de imagens, por um computador para a realização dos cálculos e por um terminal para a visualização da imagem (" display "). O sensor mais amplamente divulgado é a câmara de vídeo do tipo vidicon ou CCD, nas quais o elemento sensor é uma matriz plana contínua ou dividida em elementos sensíveis denominados "pixels", respectivamente. A imagem captada pela câmara é digitalizada e memorizada em RAM própria da placa de aquisição ou do computador. Sobre essa imagem vai incidir o processamento necessário para a extracção das características relevantes para

a classificação.

O tratamento de imagem depende naturalmente das aplicações em vista. De uma maneira geral podem realizar-se operações sobre a imagem ao nível local e global conforme a natureza das características julgadas relevantes para a classificação. Nos casos mais complexos é necessário a aplicação de ambos os tipos de operadores, como sucede no estudo de texturas de superfícies naturais.

3.2.1. Extracção de características dos mosaicos de aglomerado de cortiça. Os mosaicos de aglomerado de cortiça são fabricados a partir da compressão de grânulos de cortiça de dimensões variadas. As suas dimensões normais são de 30 cm x 30 cm e podem ser apresentados sem qualquer acabamento superficial (naturais), envernizados e encerados. A sua superfície é plana e apresenta uma textura fina com distribuição de tonalidades aleatória, desde o castanho ao beije claro, sendo visíveis as linhas de contorno dos grânulos de dimensão igualmente aleatória.

A simplicidade indispensável do processamento da imagem do mosaico, por se tratar de uma aplicação em tempo real, sugeriu o recurso a funções globais capazes de dar uma informação sobre a distribuição dos níveis de cinzento da imagem. Assim, foram estudados os histogramas dos níveis de cinzento de imagens de diferentes mosaicos para descobrir as possíveis singularidades características de cada classe. Dada, porém, a distribuição aleatória daqueles níveis e a uniformidade da textura de todos os mosaicos normais, concluiu-se ser a intensidade média a mais representativa característica para a classificação.

Estudos da reflectância espectral dos mosaicos⁽¹⁾ foram realizados para determinar a possibilidade de uma melhor separação de certas subclasses que mostram características estatísticas muito próximas e portanto susceptíveis de classificação errónea. Os trabalhos realizados mostraram que uma melhor separação de classes seria conseguida se fosse usado um filtro interferencial na zona dos 775 nm.

3.2.2. Sistema de classificação. Algoritmo de calibração e verificação. O estudo estatístico da intensidade média dos níveis de cinzento das diferentes classes revelou-se indispensável face ao entrosamento excessivo entre as duas classes mais claras e entre as duas mais escuras. A definição

na fábrica de um conjunto de calibração permitiu a caracterização estatística de cada classe através da média e do desvio padrão.

Os parâmetros estatísticos calculados para cada classe permitiram gizar um algoritmo de demonstração do grau de precisão conseguido na classificação pelo método proposto. Nos estudos realizados com o conjunto de calibração (obtido por classificação manual) foram definidos quatro casos possíveis:

a) A intensidade média respeitante ao mosaico encontra-se na zona de largura igual ao dobro do desvio padrão e centrada na intensidade média da sua classe. Neste caso o mosaico está bem classificado.

b) A intensidade média encontra-se situada no espaço entre duas classes mas fora das zonas definidas na alínea anterior. Neste caso aplica-se o critério da distância mínima à média das classes envolvidas para determinar a classe do mosaico.

c) A intensidade média do mosaico está situada entre as intensidades médias definidoras de duas classes contíguas mas dentro da zona de intersecção dos respectivos intervalos conforme são definidos na alínea a). Neste caso a classificação é considerada indeterminada.

d) A intensidade média do mosaico está no intervalo centrado na intensidade média definidora de uma classe diferente da sua (conforme classificação manual do conjunto de calibração). Neste caso o mosaico é considerado incorrectamente classificado.

Este algoritmo foi aplicado a intensidades médias absolutas, e relativas a um padrão de referência para minimizar o efeito das flutuações devidas a causas externas ao processo de medida.

3.2.3. Resultados experimentais. O conjunto de partida para a calibração era constituído por cerca de 40 mosaicos das classes mais claras (L e LA) e de 16 das classes mais escuras (M, MA, MB, MC). Os resultados da aplicação do método proposto são apresentados nos quadros I e II para o caso de janelas de observação quadradas de 245 e 35 " pixels " de lado, respectivamente. As colunas representam as classes, o número de mosaicos da amostra de cada classe, a percentagem de mosaicos correcta e incorrectamente classificados e os de classificação

indefinida. Os resultados referem-se a valores de intensidades relativas.

QUADRO I

Janela de observação quadrada de 245 "pixels" de lado

classe	Amostra	M. Correctos	M. Incorrectos	M. Ind.
L	40	82.5%	15%	3%
LA	36	67.5%	30%	2.5%
M	12	92%	8%	0%
MA	16	100%	0%	0%
MB	16	84%	16%	0%
MC	16	85%	15%	0%

QUADRO II

Janela de observação quadrada de 35 "pixels" de lado

classe	Amostra	M. Correctos	M. Incorrectos	M. Ind.
L	40	62.5%	15%	22.5%
LA	36	64.5%	30%	5.5%
M	12	92%	8%	0%
MA	16	93.5%	6.5%	0%
MB	16	87.5%	12.5%	0%
MC	16	83%	17%	0%

Realizaram-se também experiências para janelas quadradas de 175 e de 105 " pixels" de lado com resultados próximos dos inscritos nos quadros referidos.

A intensidade média absoluta dos níveis de cinzento serviu igualmente de característica para aplicação do método de calibração e verificação referido em 3.2.3. . Os resultados obtidos mostraram uma maior percentagem de mosaicos correctamente classificados.

3.2.4. Conclusões. As classes mais claras (L e LA) são as mais susceptíveis de erros de classificação, mesmo quando se usam janelas de observação de dimensão elevada para este tipo de aplicações. Trata-se, efectivamente, de duas classes com características tão próximas que chegam a confundir os próprios especialistas na preparação dos conjuntos de calibração. Admite-se, portanto, que a maioria dos erros sejam devidos a

passagens de mosaicos da classe L para a classe LA e vice-versa.

As classes mais escuras também apresentam percentagens relativamente elevadas de mosaicos incorrectamente classificados devido à confusão real existente entre a subclasse mais escura de MB e a mais clara de MC. Este problema poderá ser resolvido através de um filtro interferencial centrado em 780 nm (1) e de uma câmara CCD.

O uso de medidas absolutas melhorou a percentagem de mosaicos classificados correctamente provavelmente por produzirem menores de erros de calculo por arredondamento. Esta constatação orientou a solução deste problema para o uso da intensidade absoluta acompanhada por correcções periódicas dos efeitos das flutuações.

4. BIBLIOGRAFIA

1. A. Silva, L. Serafim, M. Campos, C. Rodrigues, Classificação de Mosaicos de Aglomerado de Cortiça Baseada na Medição da Reflectância em 775 nm, 5^a Conferência Nacional de Física, Braga, 1986
2. A. Limas Serafim, A. Miguel de Campos, Automated Classification and Inspection of Cork Mosaics, SPIE 87, Cambridge, USA, 1987

5. AGRADECIMENTOS

Por ter colaborado na realização experimental desse trabalho são devidos agradecimentos ao eng.º José L. Oliveira.