

IDENTIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE CARACTERES EM ANTIBIOGRAMAS COM O USO DE MOMENTOS INVARIANTES

L. A. Costa, M. M. Andrade, E. A. Costa Jr e L. F. R. Costa

Laboratório de Instrumentação e Processamento de Imagens e Sinais, Laboratório de Engenharia e Inovação, Campus Gama, Universidade de Brasília, Gama, Brasil
e-mail: leonhad@gmail.com

Resumo: O antibiograma por disco-difusão é um procedimento laboratorial utilizado para determinar a susceptibilidade de microrganismos em relação a um antibiótico. Neste exame, os antibióticos estão impregnados em discos que são rotulados com caracteres alfanuméricos. A identificação automática destes rótulos é de crucial importância na automação deste antibiograma, visto que descrevem o antimicrobiano e sua respectiva concentração. Sendo assim, este trabalho apresenta uma técnica utilizando descritores baseada em momentos invariantes com objetivo de reconhecer os padrões alfanuméricos supracitados. Dos 120 rótulos processados, 118 foram identificados corretamente, indicando aplicabilidade da solução.

Palavras-chave: Antibiograma, Momento Invariante, Processamento Digital de Imagem.

Abstract: *The antibiogram by disk diffusion is a laboratory procedure used to determine the relative susceptibility of microorganisms to an antibiotic. In this exam, antibiotics are impregnated discs labeled with alphanumeric characters. The automatic identification of these labels is crucial to automating the antibiogram, as describing the antimicrobial and its respective concentration. Therefore, this work presents a technique based on invariant moments in order to recognize the alphanumeric descriptor patterns. 120 labels processed, 118 were correctly identified, indicating applicability of the solution.*

Keywords: *Antibiogram, Invariant Moment, Digital Image Processing.*

Introdução

Um antibiograma por disco-difusão corresponde a um procedimento em microbiologia realizado em laboratório, que possui o objetivo de determinar a susceptibilidade de microrganismos (bactéria) com relação a antimicrobianos (antibióticos) [1]. Os discos antimicrobianos são rotulados com caracteres alfanuméricos que representam o antibacteriano e sua respectiva concentração. Eles são regularmente identificados em procedimento visual por um especialista na prática laboratorial.

Inúmeras são as técnicas de identificação de caracteres alfanuméricos, com diversos campos de

aplicação como sensoriamento remoto, transmissão e armazenamento de imagem médicas, radares, inspeção automática de componentes industriais, entre outros [2].

Considerando a identificação automática dos rótulos do discos-difusão, em trabalho anterior, os presentes autores aplicaram o algoritmo de reconhecimento de padrões por invariância de momentos afins, chamado de Algoritmo de Identificação Automática de Antibiograma (AIA) [1]. Contudo, essa técnica de identificação de padrões busca solução em cenários de maior complexidade, com relativa carga de processamento, natureza proprietária e restrições quanto a aplicação comercial. Nesse sentido, os autores iniciaram uma busca por técnicas não-proprietárias de identificação de padrões, que sejam mais aderentes ao problema da identificação dos rótulos em discos de antibiograma por disco-difusão. Os estudos levaram a solução com a aplicação da clássica técnica dos momentos invariantes.

Os momentos invariantes tornaram-se uma ferramenta para o reconhecimento de objetos durante os últimos 40 anos. Sem dúvida, eles são os descritores de forma mais importantes e mais utilizados frequentemente. Pois, mesmo sofrendo algumas limitações intrínsecas, eles frequentemente servem como um método de referência para a avaliação do desempenho de outros descritores de forma. Apesar da grande quantidade de esforço e grande número de trabalhos publicados, ainda existem problemas abertos a serem resolvidos [3].

Assim, neste trabalho, a utilização de uma solução proprietária baseada na técnica de invariância de momentos afins [1] foi substituída pela técnica de momentos invariantes, no sentido de garantir melhor desempenho computacional, ausência de restrições quanto aplicação comercial e simplificação do algoritmo para a identificação de rótulos alfanuméricos em antibiograma por disco-difusão.

Materiais e métodos

Este trabalho avaliou 8 imagens de antibiogramas distintas, cada uma com 15 rótulos diferentes, em um total de 120 rótulos a serem identificados. A aquisição foi realizada com uma câmera Canon SX130, com tripé, em matrizes de 3000 × 4000 pixels com resolução de 180 DPI. Os discos nas placas inoculadas de Ágar utilizados foram os Polissensidiscos 15 GRAM Negativo, GRAM Positivo e série urinária da Empresa

Diagnóstico Microbiológico Especializado (DME). Na Figura 1, é possível observar uma placa de Petri com 15 discos antimicrobianos.



Figura 1: Exemplo de antibiograma em placa Petri com 15 Polissensidiscos da empresa DME.

Na Figura 2 é possível observar um disco típico, segmentado de uma placa de antibiograma por meio do algoritmo de identificação automático de antibiograma [4].



Figura 2: Rótulo do tipo AML 25, utilizado na execução do momento invariante.

É importante salientar que o processo de segmentação é descrito em trabalho anterior [1], de forma que todo o material utilizado na presente contribuição consiste nos disco antimicrobianos com seus respectivos caracteres alfanuméricos. A seguir será apresentada a técnica dos momentos invariantes a ser adotada em substituição a técnica de invariância dos momentos afins. A diferença básica entre os dois tipos é que os momentos afins se aplicam, também, em reconhecer formas que sofreram transformações afim [5], o que não se aplicam neste caso.

Momentos Invariantes – Antes de efetuar as operações sobre os antibióticos do antibiograma, foi definido como os momentos deveriam ser utilizados. Assim, o momento puro da imagem, no caso discreto, é definido como:

$$\mu_{ij} = \sum_x \sum_y x^i y^j I(x, y) \quad (1)$$

onde $I(x, y)$ é a intensidade de tons de cinza da imagem nas coordenadas (x, y) . Os momentos invariantes em relação à escala são definidas como

$$\eta_{ij} = \frac{\mu_{ij}}{\mu_{00}^{(1+i+j)/2}} \quad (2)$$

onde $i + j \geq 2$.

Hu definiu sete momentos invariantes em relação à rotação de objetos 2D da seguinte forma [7]:

$$\begin{aligned} \phi_1 &= \mu_{20} + \mu_{02} \\ \phi_2 &= (\mu_{20} - \mu_{02})^2 + 4\mu_{11}^2 \\ \phi_3 &= (\mu_{30} - 3\mu_{12})^2 + (3\mu_{21} - \mu_{03})^2 \\ \phi_4 &= (\mu_{30} + \mu_{12})^2 + (\mu_{21} + \mu_{03})^2 \\ \phi_5 &= (\mu_{30} - 3\mu_{12})(\mu_{30} + \mu_{12})((\mu_{30} + \mu_{12})^2 \\ &\quad - 3(\mu_{21} + \mu_{03})^2) + (3\mu_{21} - \mu_{03})(\mu_{21} + \mu_{03}) \\ &\quad \times (3(\mu_{30} + \mu_{12})^2 - (\mu_{21} + \mu_{03})^2) \\ \phi_6 &= (\mu_{20} - \mu_{02})((\mu_{30} + \mu_{12})^2 - (\mu_{21} + \mu_{03})^2) \\ &\quad + 4\mu_{11}(\mu_{30} + \mu_{12})(\mu_{21} + \mu_{03}) \\ \phi_7 &= (3\mu_{21} - \mu_{03})(\mu_{30} + \mu_{12})((\mu_{30} + \mu_{12})^2 \\ &\quad - 3(\mu_{21} + \mu_{03})^2) - (\mu_{30} - 3\mu_{12})(\mu_{21} + \mu_{03}) \\ &\quad \times (3(\mu_{30} + \mu_{12})^2 - (\mu_{21} + \mu_{03})^2) \end{aligned} \quad (3)$$

de modo que,

$$\mu_{pq} = \int_{+\infty}^{-\infty} \int_{+\infty}^{-\infty} (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y) dx dy \quad (4)$$

e no caso discreto,

$$\mu_{pq} = \sum_x \sum_y (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y) \quad (5)$$

com $\bar{x} = m_{10}/m_{00}$ e $\bar{y} = m_{01}/m_{00}$. O momento central do objeto $f(x, y)$ e (\bar{x}, \bar{y}) são as coordenadas do centroide do objeto. Hu também apresentou como computar a invariância em relação à escala e demonstrou o poder discriminatório destas funções no caso de reconhecimento de caracteres impressos [3]. Para que os momentos sejam invariantes em relação à translação, escala e rotação, os momentos invariantes à rotação devem utilizar os momentos escalonados e rotacionados, conforme definido no η_{ij} .

Processo de Identificação dos rótulos – Após o processo de segmentação do rótulo pelo AIA, a imagem deve sofrer um processo de equalização de histograma, responsável por efetuar uma distribuição constante de contraste na imagem.

Um histograma de uma imagem é baseado na frequência cumulativa de seus tons de cinza. Assim, a função

$$cdf_x(i) = \sum_{j=0}^i p_x(j) \quad (6)$$

é o histograma da imagem (função de distribuição cumulativa) e $p_x(j)$ define cada um dos pontos da imagem.

Assim, a equalização do histograma de uma imagem de proporções $M \times N$ é definida como:

$$h(i) = \frac{cdf(v) - cdf_{min}}{(M \times N) - cdf_{min}} \times (L - 1) \quad (7)$$

onde cdf_{min} representa o menor valor dentre a função de histograma e L é o número máximo de tons de cinza existentes na imagem.

Por meio da função do histograma equalizado, os valores de cada ponto da imagem são substituídos pelos valores equalizados baseados no seu índice i (equações 6 e 7).

Na busca de uma medida objetiva entre os momentos invariantes em estudo, um banco com exemplares únicos de cada rótulo dos discos de antibiograma foi constituído e identificados seus 7 momentos invariantes. Em um segundo momento, este banco foi comparado aleatoriamente os demais discos com o banco de referência e identificados os erros percentuais para cada momento, assim como o valor médio para os 7 momentos invariantes. A fórmula do erro percentual médio para os 7 momentos invariantes é dada por

$$E_i = \frac{1}{7} \left(\frac{\sum_{i=1}^7 |\theta_i - \phi_i|}{|\phi_i|} \right) \times 100 \quad (8)$$

considerando ϕ_i como os valores provindos do banco de momentos invariantes previamente criados e θ_i como os valores de cada momento invariante do rótulo a ser identificado.

Assim, como limiar de comparação positiva (aceite), um erro percentual inferior a 5% indica coerência na identificação do disco escolhido em relação aos discos do banco de referência. Caso exista mais de um disco dentro do limiar de aceitação, o item com menor taxa de erro é escolhido.

Resultados

Dos 120 rótulos de antibiograma avaliados (15 placas), 118 foram identificados de forma correta. Este resultado é considerado aceitável para menos de 5% de erro com 1% de margem de confiança.

A Tabela 1 apresenta a média de cada um dos momentos do rótulo do tipo AML 25, onde CV é o coeficiente de variação de Pearson obtido pela razão entre o desvio padrão e a média.

Tabela 1: Dados dos momentos de 20 rótulos AML 25.

Mom.	Média	Desvio Padrão	CV
ϕ_1	0,000705564	4,36281E-08	0,01%
ϕ_2	3,88485E-10	1,30767E-12	0,34%

ϕ_3	1,47634E-13	1,01157E-15	0,69%
ϕ_4	1,18343E-13	3,37547E-16	0,29%
ϕ_5	-8,33496E-27	8,41310E-29	1,01%
ϕ_6	1,89819E-18	7,26426E-21	0,38%
ϕ_7	-1,32368E-26	8,19811E-29	0,62%

Discussão

Este processo de identificação não está preparado para a identificação de caracteres em imagens que contenham distorções afins (mal alinhadas, por exemplo). No contexto do projeto que este estudo está inserido, tal problema seria evitado na etapa de aquisição, pois o projeto visa a construção de um equipamento de aquisição de imagens fixo e com configuração constante, evitando distorções e diferenças significativas em relação ao posicionamento, alinhamento, iluminação e resolução das imagens.

Outro ponto a considerar é que, em trabalho anterior, o reconhecimento dos padrões era realizado apenas após um processo de binarização da imagem (conversão para uma escala de cor que contém apenas cores pretas e brancas). Contudo, neste processo de binarização perde-se uma quantidade de informações que podem ser cruciais para o teste de aceite. Assim, a utilização de um processo de equalização em vez de binarização trouxe uma grande melhora na identificação dos caracteres.

Conclusão

Neste trabalho foi apresentada uma técnica de descritores baseada em momentos invariantes, a fim de identificar rótulos alfanuméricos presentes em discos de antibiogramas por disco-difusão. De 120 rótulos processados, 118 foram identificados com sucesso, indicando aplicabilidade da mesma.

O desenvolvimento de uma solução específica e focada evitou o processo de binarização, mantendo as informações iniciais da imagem. A utilização da equalização evidenciou o contraste, contribuindo para correta identificação dos caracteres.

A técnica descrita apresenta baixa complexidade computacional, o que viabiliza o seu uso em sistemas embarcados. Além disso, dada a simplicidade da técnica e de sua implementação, há a disponibilidade de seu uso em produtos comerciais e em problemáticas com características semelhantes.

Agradecimentos

Agradecemos à FINEP pelo suporte por meio do projeto AUTOBAC, referência 1414/10.

Referências

- [1] Costa, L. F. R., de Andrade, M. M., Costa, E. A. and Espinoza, B. L. M. (2012a). Método automático para identificação de rótulos alfanuméricos de antibióticos posicionados em antibiograma, XIX

- Congresso Brasileiro de Automática, Anais do Congresso Brasileiro de Automática, Campina Grande.
- [2] Jain, A. K.; Duin, R. P. W.; Mao, J. (2000). Statistical Pattern Recognition: A Review. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, v.22, n.1, p.4-37.
 - [3] Flusser, J. and Suk, T. (2006). Rotation moment invariants for recognition of symmetric objects, *IEEE Transactions on Image Processing* 15.
 - [4] Costa, L. F. R., de Andrade, M. M., Costa, E. A. and Espinoza, B. L. M. (2012b). Método automático para identificação robusta da região de inibição em antibiogramas, Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica - CBEB, Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, Porto de Galinhas - PE.
 - [5] Flusser, J. and Suk, T. (1993). Pattern Recognition by Affine Moment Invariants. *Pattern Recognition*, Oxford, v.26, p. 167-174.
 - [6] Hu, M. K. (1962). Visual pattern recognition by moment invariants, *IRE Trans. Inform. Theory* 8, p. 179-187.