

Extração de Características Utilizando Filtro de Gabor Aplicado à Identificação de Defeitos no Couro Bovino

André Luiz Pasquali¹, Ricardo B. Rodrigues¹,
Roberto Henrique da Rocha Viana¹, Hemerson Pistori¹

¹Grupo de Pesquisa em Engenharia e Computação
Universidade Católica Dom Bosco
Av. Tamandaré, 6000, Jardim Seminário
79117-900 Campo Grande, MS

andre, ricardo, roberto@acad.ucdb.br, pistori@ucdb.br

Abstract. *The present paper demonstrates the application of Gabor Filter for bovine leather hides features extraction. In addition the features extraction module developed and the tools used in the experiments phase are detailed. The paper also presents results of bovine leather hides classification in wet-blue and haw hide tanning stages using the Gabor Filter attributes.*

Resumo. *O presente artigo apresenta a aplicação dos filtros de Gabor na extração de atributos do couro bovino. Neste artigo será mostrado o módulo desenvolvido para realizar a extração dos atributos e as ferramentas que foram utilizadas para a realização dos experimentos. Serão apresentados também os experimentos e resultados da classificação obtida utilizando os atributos extraídos através dos filtros de Gabor na classificação dos defeitos do couro bovino nos estágios Wet-Blue e Couro Cru.*

1. Introdução

Em geral o couro bovino produzido no Brasil é de baixa qualidade, limitando o desempenho do setor coureiro e dificultando uma melhor cotação do produto no mercado [Gomes 2003]. Hoje o processo de classificação de defeitos no couro bovino é realizado visualmente por especialistas. Nesse processo existem divergências quanto à classificação do couro, já que é um processo repetitivo e realizado manualmente, tornando comum a ocorrência de erros durante a análise [Yeh C. 2001].

O sistema DTCOURO¹ que está sendo desenvolvido no GPEC² propõe a automação da classificação do couro bovino, tornando o processo mais eficiente e confiável. Esta proposta tem como base uma pesquisa realizada pela EMBRAPA³ Gado de Corte.

Em geral, a detecção e classificação dos defeitos do couro é uma tarefa árdua, já que o couro apresenta uma superfície complexa com diferentes texturas, cores, formas e espessuras. Este trabalho apresenta a criação de um módulo computacional para o DTCOURO utilizando Filtros de Gabor para realizar a extração dos atributos de textura das imagens do couro bovino.

¹Projeto para a Detecção Automática de Defeitos em Peles e Couros Bovinos

²Grupo de Pesquisa de Engenharia e Computação da Universidade Católica Dom Bosco

³Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

A partir dos atributos extraídos pelo módulo implementado diversos testes de classificação foram realizados sobre um conjunto de imagens do couro bovino com diferentes tipos de defeitos. O objetivo dos experimentos foi determinar a melhor configuração de parâmetros (configuração do banco de filtros) para obter uma alta taxa de acerto na fase de classificação.

As seções seguintes apresentam um breve resumo literário sobre as técnicas utilizadas neste trabalho. As seções 5, 6, 7 e 8 descrevem respectivamente o desenvolvimento do módulo, experimentos, resultados e conclusão.

2. Couro Bovino

O couro bovino é matéria prima nobre e amplamente utilizada na confecção de diversos objetos tais como: bolsas, cintos, malas, calçados entre outros. A boa aparência de produtos fabricados usando couro depende das suas regiões que não apresentam defeitos, ou seja, características na superfície do couro que possam prejudicar a aparência final do produto [Barbosa and Sproesser 2002].

Existem diversos estágios de manufatura do couro: Couro Cru, Couro Salgado, *Wet-Blue*, Crust e Acabado [Barbosa and Sproesser 2002]. Entretanto neste trabalho serão descritos apenas dois estágios do couro: o Couro Cru e *Wet-Blue*, pois esses estágios são os mais produzidos na região de Mato Grosso do Sul facilitando o acesso às imagens para teste.

O Couro Cru é o couro em sua fase inicial (logo após a esfolia), que ainda não passou por nenhum tipo de processamento ou curtição. *Wet-Blue* é o couro já obtido na fase de pré curtimento, onde o couro ainda úmido recebe um banho de cromo que o deixa com um tom azulado [Barbosa and Sproesser 2002].

A baixa qualidade do couro bovino é causada por inúmeros tipos de defeitos, dentre os quais se destacam: berne (furos encontrados no couro, causados pela larva da mosca berne), carrapato (marcas feitas pelo carrapato, e aparecem nas peças de couro que não tem a flor lixada), cortes de esfolia (cortes que aparecem no couro, às vezes não o transpassado, causados por faca, quando é retirado o couro do animal abatido), marca fogo (defeito causado pelas marcas de identificação do animal, que causam grandes prejuízos no couro se realizados de forma inadequada), riscos (defeitos causados normalmente por chicote ou arame farpado, e que aparecem na flor do couro), veias (defeito causado por artérias do animal, que por problemas de estrutura se alargam e ficam perto da flor, aparecendo após o curtimento) [Michels et al. 2003]. A Figura 1 mostra alguns tipos de defeitos encontrados em Couro Cru e *Wet-Blue*.

3. Extração de Atributos

A extração de atributos tem como objetivo permitir caracterizar objetos semelhantes por valores semelhantes, e objetos distintos por valores distintos [Santos 2007]. A extração de atributos é utilizada para a redução da grande quantidade de informações para que os dados ou objetos possam ser processados e assim classificados.

Segundo [Cook and Wolf 1998], podemos agrupar os atributos em três categorias. A primeira categoria contém os atributos espectrais que se relacionam com a energia emitida ou refletida. Na segunda categoria estão os atributos descritos através de sua

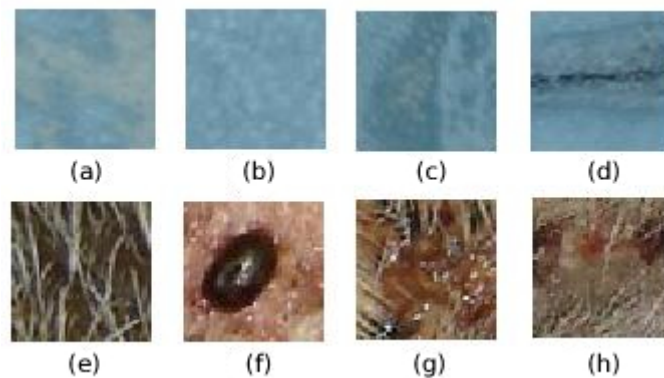


Figura 1. Imagens de defeitos. (a) defeito sarna (*Wet-Blue*), (b) defeito carrapato (*Wet-Blue*), (c) defeito marca fogo (*Wet-Blue*), (d) defeito risco (*Wet-Blue*), (e) defeito sarna (*Couro Cru*), (f) defeito carrapato (*Couro Cru*), (g) defeito marca fogo (*Couro Cru*), (h) defeito risco (*Couro Cru*).

região ou vizinhança e não apenas do seu valor individual. Na terceira categoria estão os atributos espaciais descritos por forma, dimensão e textura.

A extração de atributos é um fator importante para diminuir a quantidade de informações, mas é preciso identificar quais os tipos de atributos que melhor caracterizam determinados objetos. Esta discriminação geralmente é realizada medindo o ganho de informação referente a cada atributo.

4. Filtros de Gabor

Os filtros de Gabor têm sido utilizados para a representação de imagens. Através de um conjunto de classes de funções de Gabor é possível representar de forma completa (frequência e orientação) qualquer tipo de imagem. Essas classes de funções são geradas a partir de uma função de Gabor principal [Ji et al. 2004].

As funções utilizadas nos filtros de Gabor são senóides complexas e bidimensionais modeladas por uma função Gaussiana também bidimensional. Essas funções têm como objetivo extrair atributos para caracterizar diferentes tipos de texturas presentes na imagem, que são descritas pela frequência e orientação já definidas pelas funções senoidais [Beluco et al. 2006].

Os filtros de Gabor ou núcleos de Gabor permitem a manipulação de diversos parâmetros como frequência, orientação, excentricidade e simetria. Através dessas várias combinações são formados os bancos de filtros de Gabor [Ji et al. 2004].

Para a implementação dos filtros de Gabor foi utilizada a seguinte família de funções de Gabor [Ji et al. 2004]

$$g(x, y; \lambda, \theta, \psi, \sigma, \gamma) = \exp\left(-\frac{x'^2 + \gamma^2 y'^2}{2\sigma^2}\right) \cos\left(2\pi \frac{x'}{\lambda} + \psi\right) \quad (1)$$

$$x' = x \cos \theta + y \sin \theta \quad y' = -x \sin \theta + y \cos \theta \quad (2)$$

Os parâmetros dos filtros de Gabor possuem as seguintes propriedades: λ determina o valor do comprimento de onda no núcleo, θ especifica o ângulo de inclinação das ondas paralelas do filtro, σ determina o desvio padrão da distribuição normal, e está relacionado

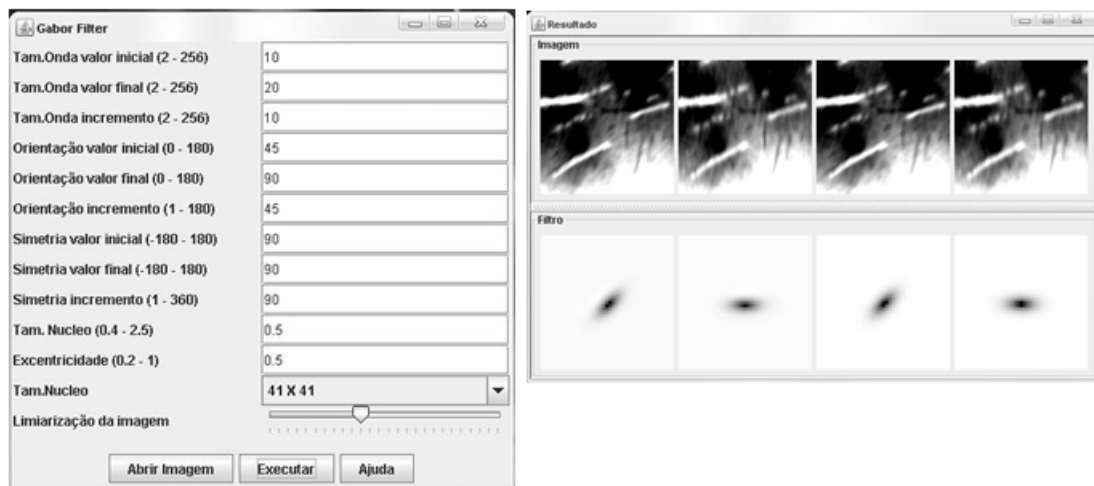


Figura 2. Imagem do Extrator

com a largura da Gaussiana que modula o filtro, ψ determina o tamanho da janela do núcleo γ determina a excentricidade do núcleo. A equação 1 gera uma função senoidal modelada por uma função Gaussiana e a equação 2 rotaciona a equação 1 de acordo com o valor de θ .

O processo de filtragem das imagens é dado através da convolução em duas dimensões da imagem $I(x,y)$ com um núcleo de Gabor $F(x,y)$. A imagem é convoluída com todo o banco de Gabor, onde se obtém uma resposta para cada núcleo. Assim são extraídas as características da imagem em cada um dos filtros [Ji et al. 2004].

5. Desenvolvimento

O módulo de extração foi desenvolvido com o objetivo de permitir uma melhor manipulação do banco dos filtros de Gabor, permitindo assim que o mesmo seja utilizado não apenas para o couro bovino, mas também que ele possa ser utilizado facilmente em outras aplicações. Na construção da interface do módulo foi criada uma ferramenta didática que permite um melhor entendimento do funcionamento dos filtros de Gabor. Com ela é possível visualizar a ação de cada filtro e o resultado da convolução dos núcleos com a imagem do couro bovino. A Figura 2 apresenta a interface do módulo desenvolvido.

A interface do módulo permite que todos os parâmetros dos filtros de Gabor possam ser alterados. A geração de diferentes configurações viabiliza a busca de um conjunto adequado de filtros para extrair atributos que caracterizem os diferentes tipos de defeitos do couro bovino. O módulo desenvolvido foi integrado à biblioteca de extratores de atributos do projeto SIGUS⁴, tornando-se genérico para utilização em outras aplicações e na comparação com outros métodos de extração de características. A ferramenta DTCOURO utiliza dos métodos da biblioteca SIGUS para realizar a extração dos atributos de imagem.

A ferramenta ImageJ [Rusband 2006] foi utilizada para auxiliar o processo de desenvolvimento do módulo desenvolvido. O ImageJ é uma ferramenta para processamento de imagens, com código aberto implementado em JAVA. A ferramenta contém diversos

⁴Plataforma de apoio ao desenvolvimento de sistemas de visão computacional

Tabela 1. Configuração dos métodos Mapas de Interação e Matriz de Co-ocorrência.

| | Mapas Int. | Matrizes Co. |
|------------------------------|------------|--------------|
| Angulo inicial: | 0 | 0 |
| Angulo final: | 180 | 180 |
| Variação do ângulo: | 45 | 45 |
| Distância (<i>pixels</i>): | 2 | - |
| Variação da distância: | 1 | 1 |

algoritmos que permitem a manipulação de vários formatos de imagens, geração de histograma, operações monádicas e diádicas, suavizações e admite a introdução de novos recursos através de plugins escritos na linguagem JAVA.

6. Experimentos

Neste trabalho foi implementado um método de extração de atributos utilizando os filtros de Gabor. Nos experimentos foram utilizadas 3 imagens do couro bovino no estágio *Wet-Blue* e 9 imagens no estágio Couro Cru. As imagens foram selecionadas do banco de imagens do projeto DTCOURO e foram capturadas através de uma câmera digital durante visitas técnicas realizadas a curtumes da região de Mato Grosso do Sul.

Para cada estágio do couro bovino foi escolhido um conjunto diferente de defeitos, nas imagens de Couro Cru os defeitos escolhidos foram: marca fogo e risco, nas imagens *Wet-Blue* os defeitos escolhidos foram: risco, marca fogo e carrapato. Os defeitos acima descritos foram segmentados manualmente com o apoio da ferramenta DTCOURO, onde se obteve um total de 27 segmentos representando os defeitos citados, 16 no estágio do Couro Cru e 11 no estágio *Wet-Blue*. Após a segmentação das imagens, o módulo de geração de amostras da ferramenta DTCOURO foi utilizado para a extração das amostras no tamanho 19x19 *pixels*, onde foram geradas 6826 amostras no estágio Couro Cru e 1267 amostras no estágio *Wet-Blue*.

A extração dos atributos utilizando os filtros de Gabor foi realizada a partir das amostras geradas e com auxílio do módulo de experimentos da ferramenta DTCOURO, também foram extraídos atributos com os extratores Mapas de Interação e Matriz de Co-ocorrência. Esses dois conhecidos métodos de extração de atributos foram selecionados para verificar o desempenho dos filtros de Gabor comparado aos outros métodos. Através do módulo de extração foram extraídos 403 atributos utilizando os Filtros de Gabor, 8 para Mapas de Interação e 29 para Matriz de Co-ocorrência.

A Tabela 1 apresenta a configuração utilizada na Matriz de Co-ocorrência e nos Mapas de Interação. Os parâmetros de configuração dos filtros de Gabor presentes na Tabela 2 foram encontrados após cerca de 30 experimentos com diferentes configurações de filtros, estes parâmetros foram selecionados pois apresentavam os melhores resultados encontrados no testes. Mas como existe uma grande quantidade de configurações dos filtros de Gabor, podem existir outras configurações que apresentem resultados melhores que os aqui encontrados.

Com base nos atributos extraídos e utilizando a ferramenta WEKA⁵ [Witten and Frank 2005], os testes de classificação foram realizados através do algoritmo

⁵Coleção de algoritmos de aprendizagem de máquina implementados para tarefas de mineração de dados

Tabela 2. Configuração dos filtros de Gabor.

| | Valor inicial | Valor final | Valor de incremento |
|--------------------------|---------------|-------------|---------------------|
| Comprimento de Onda | 1 | 300 | 4.5 |
| Orientação do núcleo | 45 | 135 | 45 |
| Simetria do núcleo | 0 | 90 | 90 |
| Tam. da janela do núcleo | 2.5 | - | - |
| Excentricidade | 1.0 | - | - |

Tabela 3. Resultado dos experimentos realizados.

| Extrator | <i>Wet-blue</i> % acerto | Couro Cru % acerto |
|-------------------------|--------------------------|--------------------|
| Filtros de Gabor | 87,68 | 82,01 |
| Mapas de Interação | 83,03 | 74,59 |
| Matriz de Co-ocorrência | 96,68 | 91,64 |

J48. Este algoritmo constrói uma árvore de decisão a partir dos atributos extraídos. Para a realização dos experimentos foi utilizado também o modo de validação cruzada em 10 dobras, onde o algoritmo utiliza 90% dos atributos para aprendizagem e o restante para os testes de classificação, esse processo se repete por dez vezes sempre alternado os atributos que correspondem aos 10% utilizados para testes, e por fim é calculada a média das 10 porcentagens de acerto obtidas tendo assim um valor final de porcentagem de acerto.

7. Resultados e Análise

A Tabela 3 apresenta os resultados dos experimentos realizados, nela é possível verificar que os resultados obtidos utilizando os filtros de Gabor não foram muito distintos dos obtidos com os mapas de interação, apenas o método das matrizes de Co-ocorrência teve um resultado mais expressivo. Analisando a matriz de confusão da Tabela 4, pode-se verificar que algumas amostras foram classificadas incorretamente, o que mostra que os tipos de defeitos selecionados apresentam valores semelhantes nos atributos extraídos com os filtros de Gabor utilizados para a classificação.

8. Conclusão

A principal contribuição deste trabalho foi o desenvolvimento do módulo de extração de atributos utilizando Filtros de Gabor. Esta implementação pode facilitar a seleção do conjunto de filtros para discriminar classes de diferentes problemas, auxiliando na realização de experimentos para classificação de imagens utilizando atributos de textura.

Nos experimentos, todos os extratores obtiveram resultados satisfatórios, a baixa quantidade de imagens utilizadas para os testes de classificação pode ter favorecido o alto nível de acerto do classificador. Portanto, será necessário um maior número de imagens

Tabela 4. Matriz de Confusão do filtros de Gabor no estagio *Wet-Blue*.

| | a | b | c |
|---------------|-----|-----|-----|
| Risco = a | 305 | 21 | 41 |
| Carrapato = b | 17 | 423 | 24 |
| Marca fogo =c | 40 | 13 | 383 |

para que os algoritmos de extração de atributos possam ser testados de maneira precisa e posteriormente serem utilizados em situações reais de classificação de peças do couro bovino.

Através dos resultados obtidos foi possível verificar que o método de extração de atributos utilizando os filtros de Gabor não apresentou grandes variações comparado com os outros métodos de extração utilizados. Novos experimentos serão realizados utilizando filtros de Gabor com diversas combinações de parâmetros a fim de aumentar a precisão na classificação de defeitos do couro bovino em diferentes estágios da cadeia produtiva.

Agradecimentos

Este trabalho recebeu apoio financeiro da Universidade Católica Dom Bosco, UCDB, da Agência Financiadora de Estudos e Projetos, FINEP e da Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul, FUNDECT. Um dos co-autores é bolsista de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora do CNPQ e alguns dos outros co-autores receberam bolsas PIBIC/CNPQ.

Referências

- Barbosa, F. B. M. H. and Sproesser, R. L. (2002). *Alguns Aspectos da Cadeia do Couro (Bovino) no Estado do Mato Grosso do Sul*. Anais da II Jornada Científica do Centro-Oeste de Economia e Administração.
- Beluco, A., Buleco, A., and Engel, P. M. (2006). *Classificação de imagens de sensoria-mento remoto baseada em textura por redes neurais*. Anais XI SBSR.
- Cook, J. E. and Wolf, A. L. (1998). Discovering models of software processes from event-based data. *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*, 7(3):215–249.
- Gomes, A. (2003). *Avaliação técnica e operacional do sistema de classificação do couro bovino*. Embrapa Gado de Corte.
- Ji, Y., Chang, K. H., and Hung, C.-C. (2004). *Efficient edge detection and object segmen-tation using Gabor filters*. ACM Press, New York, NY, USA.
- Michels, I. L., Sproesser, R. L., and Barbosa, F. B. M. H. (2003). *Couro bovino - coleção cadeias produtivas do MS*. UFMS.
- Rusband, W. (2006). Imagej. Available at <http://rsb.info.nih.gov/ij/>.
- Santos, J. C. (2007). Extração de atributos de forma e seleção de atributos usando algorit-mos genéticos para classificação de regiões. *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)*.
- Witten, I. H. and Frank, E. (2005). *Data Mining: Practical machine learning tools and techniques*. Morgan Kaufmann, San Francisco, 2nd edition.
- Yeh C., D. B. P. (2001). *Establishing a Demerit Count Reference Standard for the Clas-sification and Grading of Leather Hides*. International Journal of Advanced Manufac-turing Technology.