

## 1º Congresso Brasileiro de Redes Neurais

Escola Federal de Engenharia de Itajubá  
Itajuba. 24 a 27 de outubro de 1994

# Extração do Mapa de Direções de Impressões Digitais Via Rede Neural

FLÁVIO A. P. SOARES, RUI SEARA,  
ORLANDO J. TOBIAS & JOSÉ C. M. BERMUDEZ

Laboratório de Instrumentação Eletrônica - LINSE  
Departamento de Engenharia Elétrica  
Universidade Federal de Santa Catarina  
C.P. 476 - 88.040-900 - Florianópolis - SC - Brasil

### RESUMO

*Neste artigo, apresentamos uma nova metodologia para a extração do mapa de direções de impressões digitais, utilizando uma rede neural. Nesta estrutura, a imagem da impressão digital é segmentada em blocos e de cada bloco extrai-se um conjunto de parâmetros que são apresentados à entrada da rede neural. Esta tem como resposta a direção preferencial encontrada para o referido bloco. O desempenho da rede obtida, em condições reais de operação, foi muito bom. Esta estrutura foi desenvolvida para ser utilizada em um Sistema Automático de Classificação de Impressões Digitais.*

### I. INTRODUÇÃO

O campo de pesquisa em processamento digital de imagens tem crescido consideravelmente nos últimos anos. Este avanço tem possibilitado resolver eficientemente inúmeros problemas nesta área. Neste mesmo campo, a aplicação de técnicas baseadas em redes neurais [1-3] vem contribuindo muito para que tarefas como inspeção visual e classificação de objetos possam ser automatizadas. Dentro

deste escopo, está se desenvolvendo um Sistema Automático de Classificação de Impressões Digitais. Este sistema tem como objetivo automatizar as tarefas de aquisição, armazenagem e classificação de impressões digitais, hoje ainda realizadas totalmente de forma manual no Brasil. Inicialmente, prevê-se a digitalização das fichas dactiloscópicas existentes nos arquivos policiais, seguido de um processamento para extração do mapa de direções das principais linhas, obtendo-se assim, o esqueleto da impressão digital. Numa segunda etapa, a aquisição das impressões digitais será feita diretamente através de "scanners" óticos, especialmente desenvolvidos para este fim.

A classificação das impressões digitais é realizada através da observação de certos pontos característicos presentes neste esqueleto. Para se realizar as etapas de extração do mapa de direções e de classificação das impressões digitais, optou-se por uma abordagem via rede neural. Esta escolha foi baseada na capacidade de reconhecer padrões inerentes às estruturas neurais. Neste artigo é apresentada e avaliada a estrutura da rede neural desenvolvida para a extração do mapa de direções utilizado no nosso Sistema Automático de Classificação de Impressões Digitais.

### II. PARÂMETROS DE ENTRADA

No processo de aquisição, as impressões digitais são capturadas através de um "scanner", obtendo-se uma imagem de 512 x 512 *pixels* com 256 níveis de cinza, como a ilustrada na Fig. 1. Esta imagem deve então ser "binarizada" (utilização de apenas 2 níveis de cinza),

promovendo-se, assim, uma redução importante do volume de dados no armazenamento e no tratamento das etapas seguintes do sistema. Para tal, foi utilizado um algoritmo especialmente desenvolvido para esta tarefa, que efetua a "binarização" da imagem, como também, a correção de pequenos defeitos oriundos do processo de aquisição.

A segunda etapa do processo é a extração do mapa de direções da imagem "binarizada". Para tanto, algumas técnicas propostas na literatura foram avaliadas. A abordagem utilizada por Mehtre [4], baseada em estatísticas locais, é bastante sensível ao ruído e não apresenta um manuseio simples. Além disso, tal procedimento gera um mapa de direções que contém o mesmo volume de dados do que o da imagem original, duplicando, assim, a ocupação de memória (para a segmentação da imagem é necessário também manter a informação do nível de cinza).

Uma opção vantajosa, face às características do problema em questão (obtenção do mapa de direções), é a utilização de uma rede neural dada a sua reconhecida capacidade de generalização e pouca sensibilidade ao ruído. Outro ponto a favor desta escolha é a redução da dimensão do mapa de direções aliado ao fato de não ser mais necessário manter-se a imagem original na memória, como será evidenciado mais adiante.

Para que a rede neural possa apresentar o resultado desejado, os dados de entrada na rede devem ser escolhidos de forma a criar classes com características independentes entre si. Após um exaustivo estudo das principais características presentes nas imagens (linhas, formas), verificou-se que uma análise das frequências espaciais contidas nestes padrões fornece um conjunto de dados adequados para permitir uma separação em classes de padrões. Esta transformação dos dados de entrada da rede neural foi então realizada através da Transformada de Fourier

Discreta (TFD) [5]. Além do mais, pela utilização da TFD, pode-se manipular convenientemente (minimizar) os ruídos de altas frequências. Em especial, foi utilizado o módulo do espectro de frequências por sua característica de invariância à translação. Outro ponto favorável à utilização da TFD é o fato de ela produzir o mesmo resultado (a menos do nível DC), tanto para imagens positivas, quanto para seus complementos (imagens negativas). Isto acontece porque os espaços entre as linhas possuem a mesma largura média das linhas. Logo, o espaço inter-linhas, conhecido como vales, também pode ser considerado um padrão de direção.

O tamanho do bloco escolhido para o cálculo da TFD foi de  $8 \times 8$  pixels. Esta escolha foi baseada na largura média das linhas (4 pixels) e em razões práticas de implementação de um algoritmo de FFT bidimensional para realizar a TFD. Para a nossa aplicação, a utilização de um bloco maior, por exemplo,  $16 \times 16$  pixels, foi descartada por causa do tamanho da rede neural resultante (levando a um maior tempo de processamento para cada impressão digital durante a operação da rede) e da maior complexidade de seu treinamento.

### III. ESTRUTURA UTILIZADA

Para a realização do processo de classificação da direção principal da linha, foi escolhida uma estrutura neural *feedforward*, baseada no algoritmo *backpropagation* para seu treinamento. Para que a estrutura da rede não ficasse muito grande, foi realizada a seguinte distribuição de neurônios: 24 na camada de entrada, 8 na camada intermediária e 8 na camada de saída. A escolha dos 8 neurônios da camada intermediária ocorreu durante a fase de treinamento da rede. A estrutura foi testada com várias configurações, variando-se a camada intermediária entre 6 e 12 neurônios. O número de variáveis de entrada foi escolhido em função da TFD gerar apenas 25 valores distintos,

dispensando, assim, a utilização de todos os 64 valores obtidos na saída da TFD bidimensional. O valor correspondente ao nível DC não foi considerado na análise, pois este representa, na prática, apenas o número de *pixels* brancos (ou pretos) da imagem. Para as impressões digitais “binarizadas”, cada bloco apresentará sempre um nível DC entorno de 0,5 (quantidade de *pixels* brancos aproximadamente igual a de *pixels* pretos), independente da direção da linha. Logo, este dado é irrelevante, pois não traz nenhuma informação útil para a rede neural.

As funções de transferência dos neurônios das camadas intermediária e de saída são sigmoids da forma  $y = 1/(1 - e^{-x})$ . Cada neurônio possui as sinapses ligadas às saídas de todos os neurônios da camada anterior.

A rede apresenta na saída 8 classes distintas relativas às seguintes direções: 0°, 22,5°, 45°, 67,5°, 90°, 112,5°, 135°, 157,5°. Estas classes são codificadas pelos dígitos de 0 a 7, respectivamente. O treinamento da rede foi efetuado para que tivéssemos na saída desta apenas um neurônio ativo representando cada uma dessas classes. Para a aplicação em questão, este nível de precisão foi julgado suficiente, pois, de um lado ele permite discriminar com razoável definição as direções principais das linhas que constituem as impressões digitais e do outro, aproveitar ao máximo a resolução angular (linhas, em média, com 4 a 5 *pixels* de largura) contida em cada bloco de 8 x 8 *pixels*.

#### IV. TREINAMENTO DA REDE

Para a realização do treinamento e avaliação (testes) da rede neural foram criados blocos de imagens binárias, de tamanho 8 x 8 *pixels*, correspondendo a cada um dos definidos padrões de direção, conforme ilustrado na Fig. 4. Estas imagens indicam a presença de linhas com 4 a 5 *pixels* de largura, representando a média da largura das linhas encontradas nas imagens “binarizadas” das impressões digitais.

Embora o módulo da TFD bidimensional seja invariante ao deslocamento, também foram utilizados, nesta etapa de treinamento, padrões com deslocamento de linhas. Esta estratégia foi empregada para possibilitar um treinamento exaustivo, utilizando-se todo o universo possível de padrões de imagens. Com isso, obteve-se um grupo de 248 padrões que resultam em 8 classes distintas quando da aplicação da TFD. Na etapa seguinte, a estas imagens foram adicionados vários níveis de ruído aleatório (inversão de pixel). Desta forma, gerou-se diversos blocos de imagens com 1, 2, até 7 *pixels* invertidos para cada padrão obtido.

Para o treinamento da rede, foram geradas várias seqüências de padrões, compostas por grupos de padrões sem ruído e grupos com dois níveis de ruídos (por exemplo, 2 e 5 *pixels* de ruído por bloco). As seqüências utilizadas chegaram a ter até 1736 padrões diferentes. Assim, nesta etapa, foi selecionado, baseado no desempenho da rede, o número de neurônios que constituiria a camada intermediária. Foi também determinado o nível de ruído adequado que deixa a rede mais genérica. Para a avaliação do desempenho da rede, foi utilizada uma seqüência de blocos construída por todos os grupos de padrões com ruído, que não haviam sido utilizados durante o treinamento. Desta forma, os ajustes na etapa de treinamento foram considerados terminados quando a seqüência de teste foi totalmente classificada com 100% de acerto.

#### V. RESULTADOS

A validação deste processo foi realizado de maneira experimental através da implementação desta rede neural como o módulo de extração do mapa de direções de nosso sistema automático. Colocada sob teste em condições reais, a rede teve um desempenho muito bom. A Fig. 3 apresenta, de forma estilizada, o mapa de direções da impressão digital “binarizada” da Fig. 2. Deve-se aqui ressaltar, que o mapa de

direções real obtido possui um tamanho 64 vezes menor. Isto acontece pois este mapa é construído substituindo-se cada bloco de  $8 \times 8$  pixels pela informação de sua direção preferencial, codificada de 0 a 7. Este mapa será reduzido ainda mais para a obtenção do esqueleto da impressão digital. Esqueleto este que terá a informação espacial disposta numa matriz de  $8 \times 8$  elementos a ser utilizada como informação de entrada em outra rede neural, que finalmente fornecerá a classificação da impressão digital processada.

## VI. CONCLUSÃO

Neste trabalho nós apresentamos uma nova forma de obtenção do mapa de direções de impressões digitais, através do emprego de uma rede neural. A decisão de se utilizar informações frequenciais como dados de entrada para a rede, mostra que várias técnicas de análise podem ser concatenadas na busca de uma solução eficiente. Colocada sob teste, em condições reais, a rede neural obtida teve um excelente desempenho na determinação do mapa de direções de impressões digitais.

Além da aplicação discutida neste trabalho, o método proposto, com pequenas alterações, pode ser utilizado para qualquer outro tipo de imagem binária que apresente características semelhantes às das impressões digitais, como por exemplo, desenhos de circuito impresso.

## AGRADECIMENTO

Gostaríamos de agradecer ao Prof. Luis Pereira Calôba pela inestimável ajuda prestada, principalmente, pelo incentivo à realização deste artigo.

## REFERÊNCIAS

- [1] L. P. Calôba, "Uma Introdução às Redes Neurais", Minicurso do 9º CBA, Vitória, ES, 1992.
- [2] P. D. Wasserman, *Neural Computing: Theory and Practice*, New York: Van Nostrand Reinhold, 1989.

- [3] J. A. Freeman, *Neural Networks: Algorithms, Applications, and Programming Techniques*, New York: Addison-Wesley Publishing, 1991.
- [4] B. M. Mehtre and B. Chatterjee, "Segmentation of Fingerprint Images: A Composite Method", *Pattern Recognition* 22 (4), pp. 381-385 (1989)
- [5] G. Zelniker, *Advanced Digital Signal Processing: Theory and Applications*, New York: Marcel Dekker, 1994.
- [6] A. Oppenheim, *Signal and Systems*, New York: Practice-Hall, 1991.

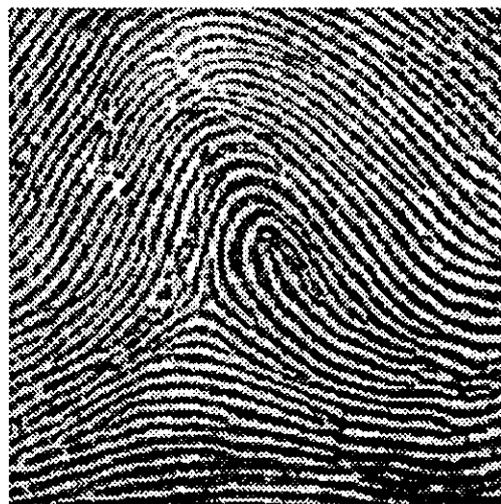


Fig. 1- Impressão digital adquirida (original).



Fig. 2- Impressão digital "binarizada".

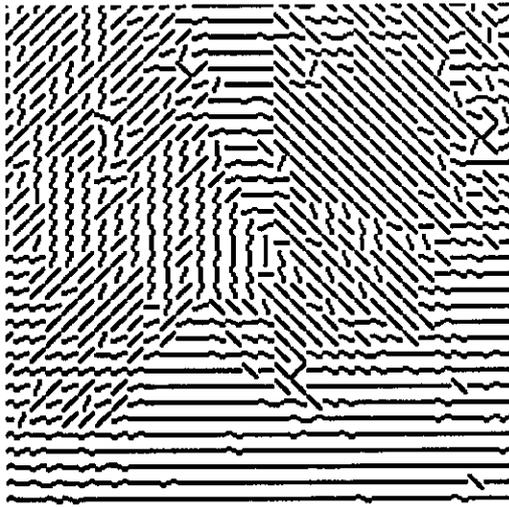


Fig.3-Mapa de direções obtido pela rede neural.

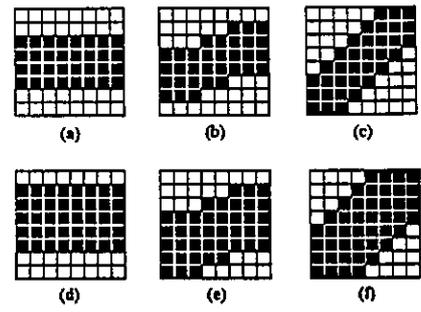


Fig.4-Exemplos de padrões de direções 0°, 22,5°, 45°. (a) (b) (c) 4 pixels e (d) (e) (f) 5 pixels.

