

Redes Neurais para Reconhecimento Automático de Impressões Digitais Através de Dactiloscopia

Camila S. de Magalhães¹, Carlos R. F. Júnior²
Sidney R. de S. Antunes², Angelo M. Baptista²
Antônio C. de A. Mol^{2,3}, Claudio M. N. A. Pereira^{2,3}

¹LNCC Laboratório Nacional de Computação Científica
Av. Getúlio Vargas 333, 25651-070 Petrópolis, RJ, Brasil

²UNIG Universidade Iguaçú
Av. Abílio A. Távora 2.314, 26.260-000 Nova Iguaçu, RJ, Brasil

³CNEN Comissão Nacional de Energia Nuclear
Cidade Universitária - Ilha do Fundão, 21.941-590 Rio de Janeiro, RJ, Brasil

E-mails: camilasm@omega.lncc.br , mol@unig2001.com.br, cmnap@cnen.gov.br

Abstract

This work presents an artificial neural network based approach for automatic fingerprint recognition. Here it will be shown how the most important aspects of the traditional fingerprint recognition (biometrics study) can be associated with artificial neural networks in order to automate fingerprint identification processes. A prototype was developed and applied to a sample case. The obtained results, that validate the proposed method, are presented and discussed.

1. Introdução

Desde a antigüidade o homem vem buscando e aperfeiçoando métodos de identificação humana.

Atualmente, um dos métodos mais, práticos, robustos e econômicos, portanto mais utilizados, de identificação de indivíduos humanos baseia-se na análise de suas impressões digitais através da utilização de técnicas de dactiloscopia ([1], [2]).

A dactiloscopia baseia-se na identificação de marcas específicas (desenhos) nas impressões digitais, mapeando a imagem em um conjunto de marcas acompanhadas das respectivas posições onde foram encontradas. A comparação da digital é então feita com as digitais de uma base de dados. A que mais se assemelhar (possuir mais marcas características nas posições corretas) identifica o indivíduo. Geralmente um número mínimo de marcas/posições corretos devem ser encontrados para que se possa afirmar com boa confiabilidade a origem da impressão digital. O conceito de semelhança utilizado na comparação de

uma dada impressão digital com as de um banco de dados é um aspecto crucial para obtenção de bons resultados. Por isto, durante muitos anos, tal tarefa tem sido designada para especialistas com bastante experiência.

Para reconhecimento automático de impressões digitais, entretanto, é necessário que se consiga dotar os programas de computador daqueles aspectos cognitivos utilizados pelos especialistas. Por isto, técnicas de inteligência artificial (IA), especialmente as redes neurais artificiais (RN) tornam-se adequadas.

Redes Neurais ([3], [4]) têm sido aplicadas com sucesso a diversos problemas envolvendo o reconhecimento de padrões, onde se inclui o processamento e identificação de imagens.

Vários trabalhos têm proposto a utilização de RN para o reconhecimento de impressões digitais, entretanto, a maioria deles geralmente envolve um complexo e trabalhoso pré-processamento de imagens através de transformadas matemáticas (por exemplo Fourier ou Wavelet) e outras técnicas de computação gráfica.

O objetivo principal desse trabalho é analisar aspectos da utilização de RNA associada às técnicas de dactiloscopia, no reconhecimento automático de digitais, eliminando a necessidade de "pesados" pré-processamentos gráficos.

2. Fundamentos de dactiloscopia

A palavra dactiloscopia vem do grego *daktylos* (dedos) e *skopêin* (examinar). A dactiloscopia é a ciência que estuda as impressões digitais. Ela tem sido aplicada em diversas áreas, como por exemplo:

(i) Criminal (identificação de suspeitos) e (ii) Segurança (controle de acesso). O desenho digital é encontrado nas extremidades dos dedos, formado por linhas variadas entrelaçadas [2]. Já a impressão digital, é a reprodução do desenho digital sobre qualquer superfície que seja capaz de receber uma impressão digital. Numa impressão digital encontra-se os seguintes elementos:

1. *Montanhas* (Linhas pretas). correspondentes às cristas papilares;
2. *Vales* (Linhas brancas). correspondentes aos sulcos interpapilares. Estas linhas acompanham par a par as linhas pretas, refletindo, todos os seus acidentes.
3. *Pontos característicos*. as linhas pretas não são contínuas, formando inúmeros acidentes que recebem o nome de “Pontos Característicos”;
4. *Sistema de linhas*. numa impressão pode haver nenhum ou três sistemas de linhas, que são determinados pela presença ou ausência do “Delta”.

Geograficamente falando, os deltas são as terras de formação triangular que se formam a embocadura dos rios [5]. Em dactiloscopia, são pequenos ângulos formados pelo encontro dos três sistemas de linhas. O delta pode ser formado:

1. Pela bifurcação de uma linha simples;
2. Pela brusca divergência de duas linhas paralelas.

2.1. O sistema de Vucetich

Juan Vucetich, um oficial da polícia Argentina, foi quem fez a primeira identificação criminal por meio de uma impressão digital deixada no local do crime[6]. Ele elaborou uma classificação de 4 tipos fundamentais de digitais, baseada na ausência ou presença do delta:

1. *Arco*. Não possui delta. Suas linhas correm de um lado para o outro mais ou menos paralelamente, conservando uma certa curvatura. Também há ausência de núcleo.
2. *Presilha Interna*. Apresenta um delta à direita do núcleo. Suas linhas nucleares correm para a esquerda.
3. *Presilha Externa*. Apresenta um delta à esquerda do núcleo. Sua linhas nucleares correm para a direita.
4. *Verticilo*. Apresenta dois deltas, um à direita e outro à esquerda do núcleo.



Figura 1: Os 4 tipos de Vucetich

2.2. Postulados da dactiloscopia

Postulados da dactiloscopia são certos princípios teóricos em que se baseia essa ciência. São eles: Perenidade, Imutabilidade, Variabilidade e Classificabilidade [1].

1. *Perenidade*. Os desenhos digitais existem desde o sexto mês de vida fetal, até a putrefação cadavérica.
2. *Imutabilidade*. Os desenhos digitais não mudam sua forma original desde o momento que surge até a decomposição do corpo.
3. *Variabilidade*. Os desenhos digitais variam de dedo para dedo e pessoa para pessoa. Um desenho digital só é idêntico a si mesmo, não existe impressões idênticas, embora as haja semelhantes. A possibilidade de haver um par de digitais iguais é de 1 para 64 bilhões de probabilidade[6].
4. *Classificabilidade*. Os desenhos digitais podem ser classificados para arquivamento e pesquisas de Pontos característicos.

Os pontos característicos são acidentes que se encontram nas cristas papilares, apresentando os mesmos atributos dos desenhos papilares, isto é, perenidade, imutabilidade e variabilidade, não permitindo o princípio da classificação [2]. Sua finalidade é de identificar as impressões papilares.

Para a identificação de impressões digitais é necessário:

1. Que haja coincidência de no mínimo doze pontos característicos, idênticos e com a mesma localização;
2. Que não haja discrepância, ou ponto discrepante, ou seja, ponto característico que se apresenta em apenas uma das digitais comparadas.

A nomenclatura dos pontos característicos é muito variável. No Serviço de Identificação e no Instituto de Polícia Técnica do Estado de São Paulo, é utilizada a seguinte nomenclatura: ponto, ilhota, bifurcação, confluência, encerro, crochê ou haste e anastomose. A Figura 2, apresenta os pontos característicos, com suas respectivas nomenclaturas:

PONTOS CARACTERÍSTICOS	
PONTO.....	o
ILHOTA.....	/
CORTADA.....	
BIFURCAÇÃO.....	Y
CONFLUÊNCIA.....	^
ENCERRO.....	o
CROCHÊ (HASTE).....	h
ANASTOMOSE.....	H

Figura 2: Pontos característicos

3. Redes neurais aplicadas ao reconhecimento de impressões digitais

Neste trabalho visando automatizar o aspecto cognitivo do especialista em dactiloscopia, foram implementadas duas RN. Uma delas para o reconhecimento dos pontos característicos (doravante denominada Rede Neural de Pontos Característicos, ou RNPC) e a outra para o reconhecimento da digital (doravante denominada Rede Neural de Digitais, ou RND) a partir de um mapeamento dos pontos característicos.

3.1. RND: Rede neural de digitais

As imagens foram divididas em uma malha grossa, do mesmo tamanho da imagem, para gerar a matriz da digital, conforme a Figura 3.

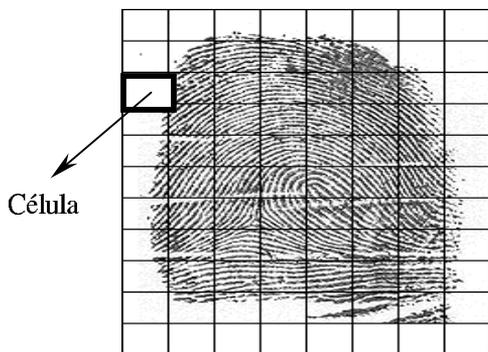


Figura 3: Malha sobre digital

Adotando-se um número para cada ponto característico, foi gerada uma matriz numérica (Figura 4) para cada digital, onde cada elemento da matriz contém um número que identifica o tipo de ponto característico da respectiva célula (partição) da imagem. A matriz é então identificada por um outro número (correspondente ao indivíduo). Cada matriz, junto com sua respectiva identificação (número) forma uma amostra para treinamento/teste da RND.

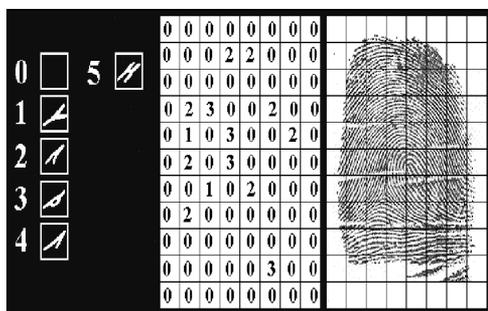


Figura 4: Pontos característicos identificados na matriz da digital

Após investigação de vários tipos de RN, o tipo de rede que apresentou melhor desempenho, e portanto foi o tipo escolhido, foi uma rede neural de Regressão Genérica (GRNN, do inglês "General Regression Neural Network), que utiliza Algoritmo Genético [7] para treinamento. A RND possui 88 neurônios na camada de entrada (1 neurônio para cada elemento da matriz), 20 neurônios na camada intermediária, e um neurônio na camada de saída.

3.2. RNPC: Rede neural de pontos característicos

A RNPC é responsável pela análise de cada partição da matriz da digital (Figura 5) e identificação (se existir) de pontos característicos. Em tempo de identificação de uma digital, a RNPC é executada várias vezes (igual ao número de elementos (células) da matriz da digital exibida na Figura 4).

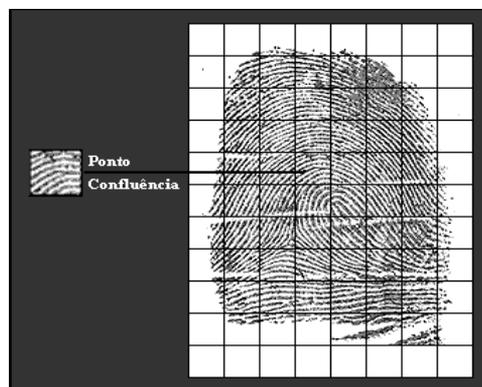


Figura 5: Ponto característico em uma partição da matriz da digital

Os dados para a RNPC foram obtidos através da própria imagem digital na malha. Cada célula da matriz da malha, na imagem, foi dividida em uma nova matriz, com uma malha mais detlhada 20x20, gerando uma matriz binária de pontos característicos, onde cada elemento receberá 0 (zero) para pontos em branco, e 1(um) caso contrário.

Para o treinamento da rede utilizamos 10 matrizes numéricas diferentes de 3 pontos característicos e apenas uma matriz com ruídos (linhas que não identificam ponto algum) adotando também um número padrão para cada ponto característico, sendo 0 (zero) para quando não houver ponto algum.

A RNPC possui 400 neurônios na camada de entrada (1 neurônio para cada bit da célula), 40 neurônios na camada intermediária, e um neurônio na camada de saída.

4. Resultados

4.1. Aplicação da RND

Nesta fase utilizamos dados que não foram previamente utilizados para treinamento, para determinarmos a performance da rede.

A tabela 1 exibe os resultados obtidos pela RND.

Tabela 1: Resultados da RND

Acertos	88
Erros	2
Percentual de acertos	97.78%

4.2. Aplicação da RNPC

Fornecendo-se amostras de dados diferentes daquelas utilizadas para treinamento da RNPC, foram obtidos os resultados exibidos na Tabela 2.

Tabela 2: Resultados da RNPC

Acertos	37
Erros	3
Percentual de acertos	92.5%

5. Conclusões

O uso de redes neurais artificiais para o reconhecimento automático de impressões digitais, através da análise biométrica, mostrou-se viável para um conjunto médio e determinado de dados.

A utilização de uma rede neural (RNPC) para identificação de pontos característicos (da análise dactiloscópica) eliminou a necessidade de métodos clássicos de processamento digital de imagens, apresentando bom desempenho.

O objetivo de analisar a viabilidade do método proposto foi atingido. No entanto, o protótipo desenvolvido não é um sistema integrado. Por isto, como proposta de continuação deste trabalho propõe-se o desenvolvimento de um sistema que implemente a aquisição da imagem e integre a aplicação das duas redes neurais, fornecendo de forma automática a identificação da digital.

Referências

- [1] José Bombonatti, "Por que Digitais? História da Dactiloscopia", Academia de Polícia Civil do estado de São Paulo, 1999.
- [2] Carlos Kehdy, "Elementos de Criminalística", São Paulo, 1968.
- [3] Zolt L. Kovács, "Redes Neurais Artificiais, Fundamentos e Aplicações", São Paulo, Collegium Cognitionis, 1996.
- [4] Simon Haykin, "Neural Networks, a Comprehensive Foundation", New Jersey, Prentice-Hall, 1999.

- [5] Carlos Kehdy, "A Dactiloscopia nos Estabelecimentos Bancários", Edições e Publicações Brasil, São Paulo, 1980.
- [6] "Biometria", Revista Rimed, 1999.
- [7] Goldberg, D. E., "Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning", Addison Wesley, 1989.
- [8] NeuroShell, Ward Systems Group, Inc.