

Um Sistema Híbrido para Reconhecimento Off-line de Assinaturas *

HERMAN MARTINS GOMES
EDSON COSTA DE BARROS CARVALHO FILHO

Universidade Federal de Pernambuco
Departamento de Informática
C.P. 7851, 50.732-970, Recife, PE, Brasil
Telefone: (081)271-8430, Fax: (081) 271-4925
E-mail: {hmg, ecdbcf}@di.ufpe.br

Abstract. One of the greatest problems with off-line signature recognition is the drastical reduction of useful information due to the fact that all dynamic features are reduced to a single digital image. A great variety of techniques for digital image processing has been used in the off-line signature recognition problem, but none of them has obtained results which are comparable with on-line techniques results. This communication presents a proposal of a hybrid system for off-line signature recognition, which combines several techniques in order to obtain recognition rates greater than individual techniques.

1 Introdução

As assinaturas são um caso particular de manuscritos em que é comum não haver regularidade quanto ao tamanho e à distribuição dos caracteres, dificultando técnicas de reconhecimento que se baseiem apenas em sua estrutura. Um dos pontos de interesse na análise de assinaturas (e manuscritos em geral) é a possibilidade de reconhecimento através do processamento de características próprias do autor que são depositadas, mesmo que inconscientemente, sobre o papel quando o mesmo escreve.

Basicamente, há duas abordagens utilizadas no reconhecimento de assinaturas: off-line (ou estática) e on-line (ou dinâmica) [11]. O reconhecimento off-line de assinaturas utiliza apenas características extraídas a partir de imagens digitalizadas, como a distribuição de *pixels* ou as variações de tonalidade. Já o reconhecimento on-line considera características dinâmicas, tais como, a aceleração da caneta, a pressão desempenhada, a seqüência de movimentos primitivos, dentre outras. Um dos grandes problemas que dificultam o reconhecimento off-line é a redução drástica do número de características observáveis, ao se considerar os objetos na forma de imagens estáticas.

2 Arquitetura do Sistema Proposto

Um sistema para reconhecimento off-line de assinaturas representa um sistema típico de processamento de imagens, que compreende as seguintes etapas: aquisição, pré-processamento, segmentação, extração

de características e reconhecimento [7]. A arquitetura do sistema proposto é exibida na figura 1.

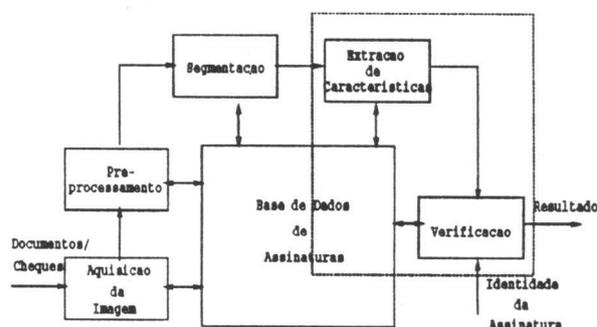


Figura 1: Arquitetura do Sistema Proposto

As três primeiras etapas não têm oferecido grandes dificuldades, e a aplicação da tecnologia atual têm produzido bons resultados. No entanto, para as etapas de extração de características e reconhecimento ainda não há técnicas que isoladamente produzam resultados compatíveis com as reais necessidades práticas. Considerando esta deficiência, descrevemos um sistema que combina várias técnicas promissoras para extração de características e reconhecimento de assinaturas, com o objetivo de se atingir uma performance superior a cada técnica individual. Para o processo de extração de características estão sendo estudadas técnicas baseadas em momentum [12], regiões de pressão [1], grafométricas [14] e redes neurais [2]. E, para o processo de reconhecimento, serão utilizados alguns modelos de redes neurais, k-vmp

*Desenvolvido com apoio financeiro do CNPq

(k-vizinhos mais próximos), n-tupla e classificação bayesiana [4]. A figura 2 apresenta em detalhe as etapas de Extração de Características e Verificação, destacando as técnicas utilizadas em cada etapa e sua combinação dentro da arquitetura.

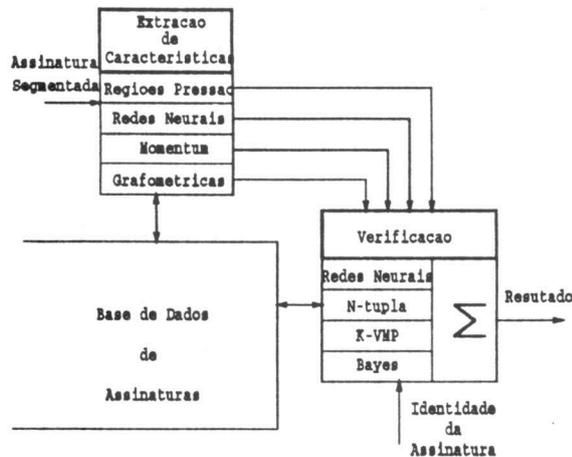


Figura 2: Etapas de Extração de Características e Verificação

Como resultado da etapa de extração de características, é construído um vetor híbrido contendo as medidas de diferentes técnicas. Na etapa final, Um classificador bayesiano acoplado à saída fornecerá um índice de certeza a respeito da autenticidade de uma assinatura, ponderando os resultados fornecidos pelas técnicas de reconhecimento aplicadas sobre o vetor de características híbrido.

3 Técnicas Utilizadas

Nesta seção descreveremos as principais técnicas utilizadas pelo sistema. As descrições não são exaustivas, mas suficientes para o objetivo desta comunicação.

3.1 Momentum

Tem se apresentado como uma técnica robusta para a decomposição de uma imagem de forma arbitrária em um conjunto finito de características, uma vez que é baseada na aplicação direta de transformações lineares, não havendo a necessidade de heurísticas específicas da aplicação.

Em Estatística, Momentum é utilizado para caracterizar a distribuição de variáveis randômicas, e em Mecânica, serve para caracterizar corpos em função de sua distribuição espacial de massa. Considerando que uma imagem pode ser tratada como uma função de distribuição de densidade bi-

dimensional, é possível aplicar Momentum para a análise de imagens, através da extração de propriedades que têm analogia em Estatística e Mecânica.

A fórmula geral para momentum bi-dimensional m_{pq} de ordem $p + q$, de uma função de distribuição de densidade, $f(x, y)$, é dada pela equação 1:

$$m_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x^p y^q f(x, y) dx dy \quad (1)$$

Um dos fatores que diferencia as técnicas baseadas em Momentum é o método para derivar valores invariantes a partir dos valores de momentum calculados sobre a imagem. Em [6], demonstrou-se experimentalmente que técnicas baseadas em normalização de características tendem a ser mais adequadas ao processamento de imagens de assinaturas do que as baseadas em invariantes algébricos. Utilizando Momentum Padrão [12] (uma técnica baseada em um critério de normalização para escala, posição e orientação), em [6] obteve-se uma taxa de 96.3 % de acerto em experimentos contendo falsificações randômicas [11]. Desta forma, o sistema proposto incluirá Momentum Padrão.

3.2 Regiões de Alta Pressão

Constituem uma nova técnica efetiva para a verificação off-line de assinaturas introduzida por Ammar [1]. A assinatura é tratada como uma imagem em tons de cinza. A técnica extrai as regiões de alta pressão, as quais são estreitamente relacionadas com a pressão da escrita e com as informações perdidas em sistemas off-line. Num experimento relatado em seu trabalho, Ammar define um vetor contendo sete características baseadas no conceito de pressão, as quais foram utilizadas para verificar o estado da assinatura - falsa ou verdadeira, tendo conseguido mais de 90% de correta verificação.

Esta técnica baseia-se na suposição de que os fatores mais efetivos para a verificação de assinaturas são as características não-naturais da escrita manual (hesitação, patching, retouching, etc). Estas características são geralmente concebidas com tons de cinza e perdidas caso a assinatura seja tratada como uma imagem binária.

3.3 Teoria de Decisão de Bayes

Trata-se de uma abordagem estatística fundamental para o problema da classificação de padrões [4]. O problema da decisão é posto em termos estatísticos, assumindo-se que todos os valores probabilísticos relevantes são conhecidos. A maior característica da regra de Bayes é de ser ótima com relação ao risco

de erro, minimizando-o. No entanto, a maior desvantagem é supor conhecidas as distribuições de probabilidade, o que em grande parte dos casos não é possível.

Nemcek e Lin, em [10], utilizaram a regra de Bayes para verificação de assinaturas. Foi assumido que as classes possuíam probabilidades *a priori* iguais e que os componentes do vetor de características eram variáveis independentes com distribuição normal. Os parâmetros da função de distribuição de probabilidade foram extraídos a partir do conjunto de treinamento. A extração de características foi feita utilizando FHT (Fast Hadamard Transform), e conduziu a resultados pouco satisfatórios - no melhor caso, apenas 50% de correta verificação foi conseguida.

3.4 Redes Neurais

Redes neurais artificiais [8], também referidas como sistemas neurais artificiais, neurocomputadores, redes adaptativas ou malhas neuronais, são modelos matemáticos da atividade do cérebro. A intenção inicial foi aproveitar os benefícios de um processamento local massivamente paralelo e representação distribuída, as quais acredita-se existirem no cérebro.

Redes neurais têm sido amplamente utilizadas para reconhecimento de padrões [2, 9, 3, 6]. No sistema proposto, redes neurais serão utilizadas tanto para a extração de características quanto para a classificação (verificação) das imagens de assinaturas. No processo de extração de características uma rede neural é capaz de reduzir a dimensão da entrada e fornecer uma representação compacta das imagens. Redes neurais também são bastante adequadas ao processo de classificação, uma vez que não requerem conhecimento *a priori* das propriedades estatísticas das classes, ao contrário de outras técnicas, como os classificadores bayesianos.

O sistema proposto incluirá, inicialmente, o modelo de rede mais amplamente difundido, MLP-Backpropagation [13], sendo prevista a incorporação de outros modelos. Em alguns experimentos utilizando MLP-BackPropagation sobre assinaturas, conseguiu-se taxas de até 92.9 % de acerto [5].

3.5 K-VMP

As regras do tipo k vizinhos mais próximos representam uma técnica bastante simples para classificação de dados, que sempre tem sido utilizada como ponto de referência para a avaliação de outras técnicas. Não é preciso conhecer a lei de probabilidade seguida pelas classes e o nível de erro de má classificação é pequeno quando comparado ao nível de erro da regra

de Bayes. Um dos problemas com a implementação desta técnica está relacionado com os requerimentos de memória, uma vez que é da ordem da quantidade de padrões utilizados como referência.

Regra do 1-VMP Seja E um conjunto de n elementos rotulados pelo aprendizado (padrões de referência), partilhado em c classes w_i , $i = 1, \dots, c$ e y um novo elemento para classificar. Diz-se que y pertence a classe w_i se w_i representa a classe a qual pertence o vizinho mais próximo (figura 3).

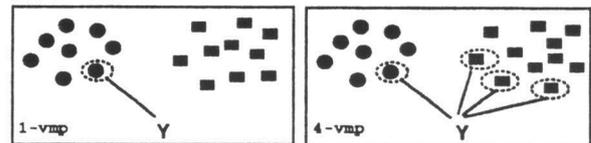


Figura 3: Exemplos de regras k-vmp

A equação 3.5 descreve a regra do 1-vmp:

$$y \in w_i \leftrightarrow \exists x^j \in E |$$

$$d(y, x) = \text{Min}_{j=1, n} [d(y, x^j)], \quad x^j \in w_i \quad (2)$$

Isto supõe a definição de uma distância d entre os elementos. Esta distância pode ser a distância euclidiana no espaço de características. O risco de erro da regra do 1-VMP é duas vezes menor que o risco de erro da regra de Bayes.

Regra dos K-VMP A regra dos K-VMP é uma extensão natural da regra do 1-VMP, que consiste considerar os k vizinhos do padrão que se pretende classificar, para aumentar a informação disponível (figura 3). Um elemento y pertence à classe w_i se w_i é representada majoritariamente entre os k vizinhos mais próximos de y .

4 Base de Dados de Assinaturas

Na versão preliminar da base de dados, as assinaturas foram coletadas em formulários especiais de 16×24 cm, com capacidade para 20 assinaturas. Cada formulário foi utilizado para representar as amostras de uma classe de indivíduo. Um total de 7 classes, com 20 assinaturas cada, foram coletadas entre membros do DI/UFPE. As imagens dos formulários foram digitalizadas em um scanner de mesa, utilizando a resolução de 150dpi e 256 tons de cinza. A combinação de técnicas para equalização de histograma e filtros digitais [7] foi utilizada para melhorar a qualidade das imagens. Em seguida, foi aplicado

um algoritmo heurístico (baseado no layout dos formulários) para segmentar as assinaturas em imagens individuais. Na figura 4 são apresentadas algumas assinaturas pertencentes à base de dados construída.

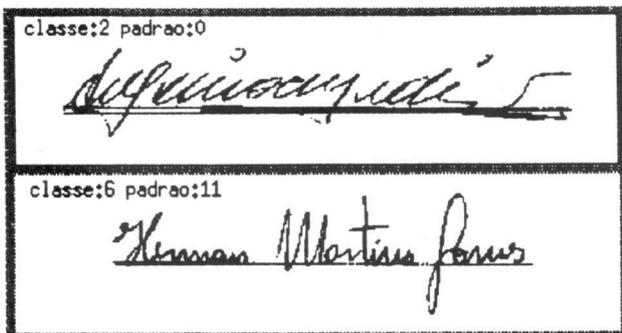


Figura 4: Assinaturas digitalizadas

5 Conclusões

Apesar de ainda estar num estágio inicial, pode-se afirmar que o desenvolvimento do sistema proposto trará importantes contribuições tanto no campo prático quanto teórico. As pesquisas tendem a especializar o escopo de técnicas utilizadas, como as relatadas em [1, 14, 10]. Assim, um dos principais méritos deste sistema é justamente propiciar uma universalização de técnicas validadas como adequadas ao problema, tanto da área de processamento de imagens, quanto de áreas afins, como redes neurais e estatística, com o objetivo de alcançar uma verificação mais precisa e confiável do que aquelas produzidas por cada técnica individual. Sistemas para reconhecimento de assinaturas desempenham um papel estratégico na sociedade atual. Em bancos, a tarefa de verificação da autenticidade da assinatura de cheques e outros documentos, quando manual, demanda uma quantidade razoável de tempo e está sujeita a inúmeras falhas. A utilização de um sistema automático (ou melhor, semi-automático) conduz a uma economia de tempo e grande quantidade de dinheiro. Considerando que os resultados obtidos pelas técnicas atuais ainda não são satisfatórios, é importante que tais sistemas se baseiem em um número razoável de técnicas a fim de garantir sua confiabilidade e nível de reconhecimento.

Referências

- [1] M. Ammar, Y. Yoshida, and T. Fukumura. A new effective approach for off-line verification of signatures by using pressure features. In *8th Int. Conference on Pattern Recognition*, pages 566–569, 1986. Paris.
- [2] E. C. de Barros Carvalho Filho. Reconhecimento de assinaturas usando redes neurais artificiais. Master's thesis, Universidade Federal de Pernambuco, 1987.
- [3] A. C. P. de Leon Ferreira de Carvalho. Reconhecimento de Sequências utilizando neurônios booleanos. Master's thesis, Universidade Federal de Pernambuco, 1990.
- [4] R. O. Duda and P. E. Hart. *Pattern Classification and Scene Analysis*. John Wiley & Sons, 1973.
- [5] H. M. Gomes and E. C. D. B. C. Filho. Reconhecimento off-line de assinaturas utilizando mlp-backpropagation e momentum: um estudo comparativo. A ser publicado nos anais do I Congresso Brasileiro de Redes Neurais, Itajubá, MG, 1994.
- [6] H. M. Gomes and E. C. D. B. C. Filho. Reconhecimento off-line de assinaturas utilizando momentum. A ser publicado nos anais da XX Conferência Latinoamericana de Informática - CLEI Panel'94, Cidade do México, México, 1994.
- [7] R. C. Gonzales and R. E. Woods. *Digital Image Processing*. Addison-Wesley Publishing Company, 1992.
- [8] R. Hecht-Nielsen. *Neurocomputing*. Addison-Wesley Publishing Company, 1990.
- [9] T. B. Ludemir. Discriminação de Sequências com redes neuronais digitais. Master's thesis, Universidade Federal de Pernambuco, 1987.
- [10] W. F. Nemcek and W. C. Lin. Experimental investigation of automatic signature verification. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, pages 121–126, January 1974.
- [11] R. Plamondon and G. Lorette. Automatic signature verification and writer identification - the state of the art. *Pattern Recognition*, 5(21):525–537, 1988.
- [12] R. Prokop and A. Reeves. A survey of moment-based techniques for unoccluded object representation and recognition. *CVGIP: Graphical Modules and Image Processing*, 54(5):438–460, september 1992.
- [13] D. E. Rumelhart and R. J. Williams. Learning internal representations by error propagation. *Parallel Distrib. Processing*, 1:318–62, 1986.
- [14] R. Sabourin and R. Plamondon. On the implementation of some graphometric techniques for interactive signature verification. In *3rd Int. Symp. on Handwriting and Computer Applications*, pages 160–162, 1987.