

UM SISTEMA DE VISÃO PARA RECONHECIMENTO DE PEÇAS EM UM TABULEIRO DE XADREZ

Sérgio Faustino Ribeiro

Juracy Emanuel M. da França

Marcelo Alves de Barros

José Homero Feitosa Cavalcanti

Universidade Federal da Paraíba – CCT/COPIN/NEUROLAB-CT/DTM

Av. Aprígio Veloso,882 – Campus – 58.109-970 Campina Grande, PB

E-mail: homero@dsc.ufpb.br

Resumo

Neste trabalho apresenta-se o projeto e o desenvolvimento de um sistema de visão para detectar as peças em um tabuleiro de xadrez. A posição das peças (presença, ou ausência de peças em cada casa do tabuleiro) é transformada numa matriz simbólica que será utilizada por um sistema de controle robótico. O sistema de visão utiliza como ferramenta Redes Neurais Artificiais.

Palavras-chave: Visão Computacional, Inteligência Artificial, Redes Neurais Artificiais.

1. INTRODUÇÃO

O NEUROLAB (Laboratório de Redes Neurais Artificiais) está desenvolvendo um sistema robótico inteligente para o movimento de peças sobre um tabuleiro de xadrez, denominado AutoXad (Ferreira et ali, 1999). Na figura 1 apresenta-se a fotografia do AutoXad. O AutoXad é composto de um braço robótico, uma câmara digital QuickCam P/B (QuickCam User Guide, 1995) (ver esfera apontada por uma seta), um tabuleiro de xadrez, e um microcomputador PENTIUM utilizado para executar as tarefas de aquisição dos dados da câmara e de controle do sistema utilizando um Sistema Inteligente (Ferreira et ali, 1999).

O sistema de visão utiliza um software, denominado NEUROMORFO, que realiza operações básicas de processamento de imagens tais como: cálculo de histograma, equalização, filtragem, binarização, extração de contorno (morfologia), etc (Harilack and Shapiro, 1992) (Pandya, 1995). Tais operações são realizadas sobre imagens armazenadas em arquivos do tipo BMP de 8 bits. Além disso, o NEUROMORFO é capaz de detectar as peças no tabuleiro de xadrez, utilizando redes neurais artificiais, e transferir esta informação (presença, ou ausência de peças em cada casa do tabuleiro), na forma de uma matriz simbólica, para o sistema de controle do robô.

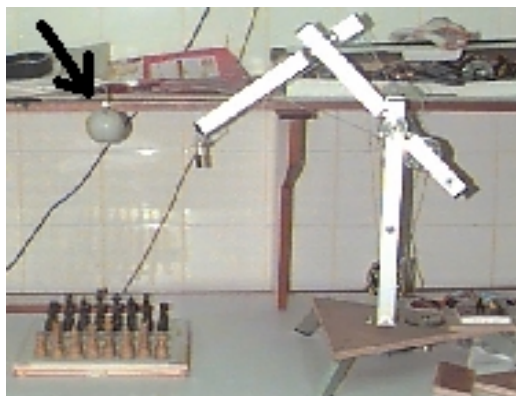


Figura 1. AutoXad.

2. DESCRIÇÃO DO NEUROMORFO

A QuickCam possui foco de 45,5 cm para o infinito e está a uma altura de 45,7 cm em relação à superfície do tabuleiro. Cada casa do tabuleiro possui uma dimensão de 2,7cm x 2,7 cm, de tal forma que uma casa na imagem pode ser enquadrada por uma moldura de 27 x 27 pixels, havendo uma correspondência, aproximada, de 1 pixel na imagem capturada pela câmara para 1 mm na superfície do tabuleiro. Na figura 2 apresenta-se a tela principal do NEUROMORFO com uma imagem do tabuleiro de xadrez (formato BMP) obtida pela QuickCam.

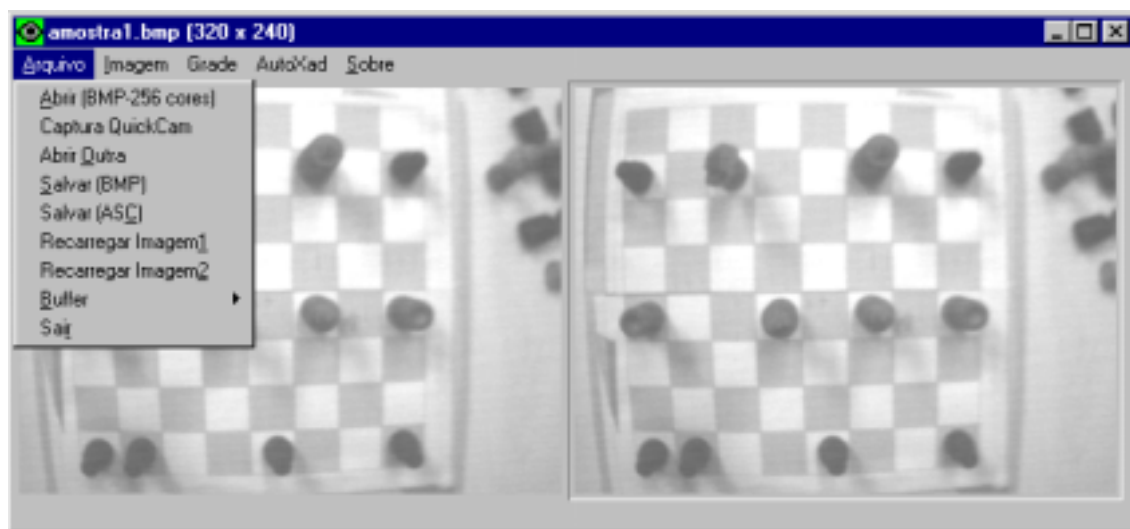


Figura 2. Tela principal do NEUROMORFO

O laboratório é iluminado por três lâmpadas fluorescentes. A disposição do tabuleiro em relação às lâmpadas gera uma variação da luminosidade ao longo do mesmo tal que, as casas que estão próximas à parede no fundo da imagem, na figura 3, apresentam níveis de cinza menores que as que estão na frente. A equalização da imagem é feita através do espalhamento dos níveis de cinza, multiplicando-se cada nível por um fator obtido pela divisão entre 255 e o maior nível encontrado na imagem. Na figura 3 pode-se observar a sombra das peças ao longo do tabuleiro.

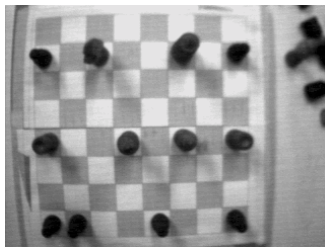


Figura 3. Imagem equalizada do tabuleiro de xadrez.

A imagem do tabuleiro está contida num quadrado de 216mm de lado, e a imagem da QuickCam tem a dimensão 320 x 240 pixel, isto é, a imagem contém informações redundantes. Necessitou-se isolar o tabuleiro do restante da imagem. Para isto, desenhou-se (virtualmente no computador) uma grade com as dimensões aproximadas do tabuleiro (8 x 8 casas de 27 x 27 pixels cada) e ajustada manualmente sobre o mesmo. A grade possibilita ao NEUROMORFO reconhecer as coordenadas das casas do tabuleiro de xadrez. Na figura 4 é apresentada a imagem do tabuleiro de xadrez juntamente com a grade. Observe-se que, devido à distorção na imagem gerada pela QuickCam, a grade não fica perfeitamente ajustada sobre o tabuleiro (em particular nas bordas). Observe-se também que a região central das casas do tabuleiro é a que apresenta a menor distorção, isto é, possui as informações mais relevantes.

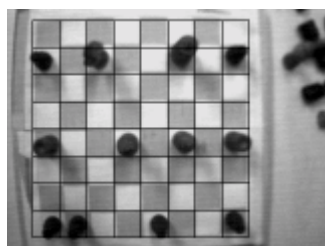


Figura 4. O tabuleiro de xadrez com a grade

Na figura 5 apresenta-se a imagem da ampliação ("zoom" de 300%) sobre a imagem de uma peça do tabuleiro localizada na posição 4D (quarta coluna a partir da esquerda e quarta linha a partir da base do tabuleiro de xadrez da figura 3). Convencionou-se como região central da casa do tabuleiro uma área de 9 x 9 pixels (cada casa possui uma dimensão de 27 x 27) deslocada em 9 pixels a partir das coordenadas da casa (ver quadrado central na figura 5).

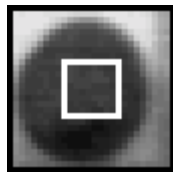


Figura 5. Ampliação da imagem de uma casa do tabuleiro

Na figura 6 apresenta-se a representação visual do conjunto de amostras extraídas do tabuleiro da figura 4, sendo que a ordem na qual a extração ocorre é da esquerda para a direita, e de cima para baixo.

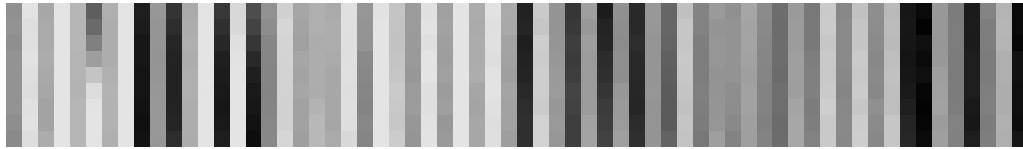


Figura 6. Amostras extraídas do tabuleiro

3. ANÁLISE DA IMAGEM USANDO REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

A análise da imagem da casa do tabuleiro feita na região central com 9 x 9 pixel (81 pixels) do quadrado da figura 5 foi feita utilizando redes neurais artificiais. Devido às características da rede neural utilizada na análise da imagem, decidiu-se reduzir a dimensão dos dados (81 pixels) a serem analisados. Calculou-se a média aritmética de cada linha da amostra de 9 X 9 pixel e obteve-se um vetor com nove valores. Este vetor foi aplicado à entrada da rede neural.

Na figura 7 apresenta-se o conteúdo do vetor (valor numérico entre 0 e 255) das casas representadas por 8TD, 8CD e 8BD. Essas casas não contêm peça e portanto são claras, apresentando níveis altos de intensidade, principalmente por estarem numa das zonas mais iluminadas do tabuleiro.

138	142	146	147	147	146	143	146	144
222	226	225	220	224	226	225	224	227
172	164	163	168	169	172	170	171	167
Sem Peça								

Figura 7. Valores dos pixels de três casas sem peças do tabuleiro

Na figura 8 mostra-se o conteúdo correspondente às três casas representadas por 7TD, 7CD e 7BD. As casas 7TD e 7BD estão ocupadas por uma peça, os níveis correspondentes à peça possuem valores muito baixos. A casa 7CD não é ocupada por uma peça.

20	18	19	21	21	24	24	29	30
152	153	153	152	150	149	150	150	152
46	38	36	34	34	36	39	46	52
Com Peça								

Figura 8. Valores dos pixels de três casas do tabuleiro

Utilizou-se uma rede neural multicamada (RNMC) (Hummelhart, 1986) com 3 camadas (figura 9). A RNMC possui 9 neurônios na camada de entrada, 8 neurônios na camada escondida, e 1 neurônio na camada de saída. Os 9 neurônios da camada de entrada possuem função de ativação linear, servindo apenas para transformar os valores da entrada em partes por unidade (peso igual a 255). Os demais neurônios da RNMC possuem função de ativação do tipo sigmóide. O treinamento dos parâmetros da rede (pesos, β , θ , σ) foi realizado usando o algoritmo da propagação retroativa do erro (APR). Tal função de ativação sigmóide é representada pela equação 1.

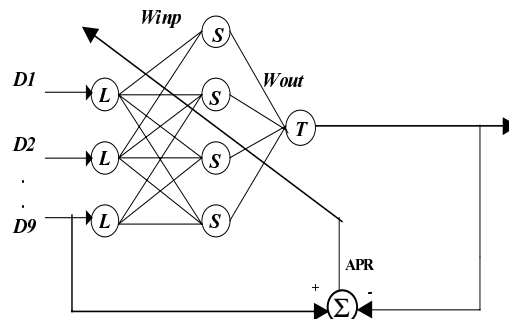


Figura 9. Rede Neural Artificial Multicamada.

$$S(X_i, \Theta, \beta, \delta) = \frac{\Theta}{[1 + \exp(-\beta(\sum X_i * Win_i + \delta))]} \quad (1)$$

Atribuíram-se os valores 1 (um) quando há uma peça sobre a casa e 0 quando não há peça (ver Figura 10). O conjunto de valores utilizados no treinamento da RNMC foram escolhidos a partir das casas centrais do tabuleiro. A rede aprenderá através do conjunto de treinamento apresentado à mesma (conjunto de vetores representando padrões). A escolha de um conjunto de treinamento que represente de forma adequada o problema visado, e tenha um tamanho adequado, é de fundamental importância para o bom desempenho da rede. Considerando tal importância, foi utilizado um conjunto de quatro imagens básicas para realizar o treinamento da rede. Escolheram-se 4 imagens de casas como conjunto básico de treinamento. As casas foram: uma casa branca sem peça, uma casa branca com peça, uma casa preta sem peça, e uma casa preta com peça. A RNMC foi treinada durante 1000 iterações utilizando as 4 amostras básicas. A seguir, foi feito o teste com a imagem do tabuleiro de xadrez apresentado na figura 4. Na figura 10 apresenta-se o resultado da classificação das casas do tabuleiro.

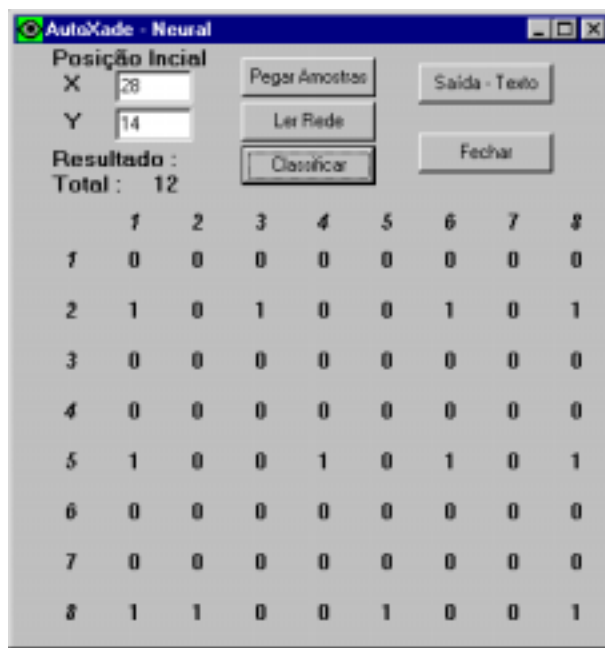


Figura 10. Classificação do tabuleiro efetuada pela RNMC

4. CONCLUSÃO

A atual implementação do NEUROMORFO foi capaz de realizar a detecção das peças no tabuleiro com um grau de acerto em torno de 98%. Os erros se devem, possivelmente, às variações de iluminação no ambiente. Como se deseja um sistema robusto, está sendo analisado o uso do Sistema de Previsão Inteligente (SPI) (Melo et al, 1999) para atribuir tal robustez ao sistema. Esse novo sistema de visão poderá ser empregado em: orientação de robôs móveis, futebol de robôs, análise de imagens clínicas, etc. Futuramente, será utilizada uma versão adaptada do SPI para o reconhecimento do tipo das peças (pião, torre, cavalo, rei

e dama) sobre as casas do tabuleiro de xadrez. O NEUROMORFO foi escrito na linguagem C++ utilizando o C++ Builder da Borland.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ferreira, C.N.M.A., Ferreira, J.R.S., Cavalcanti, J.H.F., Alsina, P.J., e Franca, J.E., 1999, “Posicionamento Inteligente de um Braço Robótico” COBEM’99 - Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, Águas de Lindóia, SP.
- Harilack, R.M., e Shapiro, L.G., 1992, “Computer and Robot Vision”, Addison-Wesley Publishing Company.
- Humelhart, D.E. e Hinton, G.E. & Williams, R.J. 1986, “Learning Internal Representations by Error Propagation, Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructures of Cognition”. Vol 1, D.E. Humelhart & J.L. McClelland, Cambridge, MA: MIT Press, pp. 318-362.
- Melo, H., Cavalcanti, J.H.F., Silva, J.F., e Silva, V.P.R., 1999, “Sistema de Previsão Inteligente”, CBRN - IV Congresso Brasileiro de Redes Neurais, São José dos Campos – SP.
- Pandya, A.S., e Macy, R.B., 1995, “Pattern Recognition with Neural Networks in C++”, CRC Press, e IEEE Press.
- QuickCam User Guide, 1995, Connectix Corporation, November.