

DIAGNÓSTICO AUTOMATIZADO DE DOENÇAS NO COLO DO ÚTERO BASEADO EM REDES NEURAIAS ARTIFICIAIS E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DIGITAIS

Edroaldo Lummertz da Rocha¹

Evânio Ramos Nicoleit²

Merisandra Cortes de Mattos³

Priscyla Waleska Targino de Azevedo Simões⁴

Sandra Aparecida Manenti⁵

Resumo: Este artigo apresenta resultados preliminares obtidos pelo processo de desenvolvimento de um sistema de auxílio ao diagnóstico de doenças no colo uterino utilizando redes neurais artificiais e processamento de imagens digitais. A arquitetura da rede neural utilizada é a *MultiLayer Perceptron (MLP)*, treinada com o algoritmo *backpropagation*. O sistema contém um conjunto de algoritmos de processamento de imagens, desenvolvidos utilizando a *Java Advanced Imaging API*, para auxiliar nas funcionalidades deste trabalho. Além disso, também foi desenvolvido um registro eletrônico do paciente, objetivando armazenar e recuperar, de forma eficaz, informações ginecológicas das pacientes.

Palavras-chave: Redes neurais. MLP. *Backpropagation*. Processamento de imagens médicas. Colspocopia.

1. Introdução

Segundo o Instituto Nacional do Câncer (INCA), o câncer do colo uterino é o terceiro mais comum entre as mulheres em 2006, sendo superado somente pelo câncer de pele (não-melanoma) e pelo câncer de mama (INCA, 2007). Estima-se também que seja a quarta causa de morte por câncer em mulheres e a previsão realizada para o ano de 2006 era do surgimento de mais 19.200 novos casos em todo o país (INCA, 2007).

¹ Acadêmico do Curso de Ciência da Computação. E-mail: edroaldo@gmail.com

² Professor do Curso de Ciência da Computação, orientador. Titulação: M.Eng. E-mail: ern@unesc.net

³ Professora do Curso de Ciência da Computação, orientadora. Titulação: M.Sc. E-mail: mem@unesc.net

⁴ Professora do Curso de Ciência da Computação, orientadora. Titulação: M.Sc. E-mail: pri@unesc.net

⁵ Professora do Curso de Medicina, orientadora. Titulação: Esp. E-mail: sandra.manenti@gmail.com

Dentre os demais tipos de câncer existentes, o câncer do colo do útero é o que apresenta um dos mais altos potenciais de prevenção e cura, chegando a 100%, se precocemente diagnosticado (INCA, 2007).

Com o objetivo de auxiliar no processo de tomada de decisão e diagnóstico de doenças no colo uterino, o Grupo de Pesquisas em Informática Médica e Telemedicina⁶ (Projeto Kiron) iniciou o desenvolvimento de um sistema computacional baseado em conceitos de inteligência artificial e processamento de imagens digitais. Busca-se com este sistema a detecção de possíveis padrões característicos de determinadas doenças, como mosaico e pontilhado, e uma vez detectados tais padrões, submetê-los a rede neural para propósitos de classificação. Os algoritmos de processamento de imagens digitais visam melhorar a qualidade das imagens e/ou destacar regiões de interesse.

As Redes neurais artificiais tem sido frequentemente utilizadas em problemas de reconhecimento de padrões e classificação devido sua capacidade de aprender por meio de exemplos (Rogers, 1997). Essa capacidade de aprender advém do processo de aprendizado, onde um conjunto de treinamento é iterativamente apresentado à rede (Haykin, 2001), a qual a partir do algoritmo de aprendizado constrói uma representação interna do problema, realizando um mapeamento, geralmente não-linear, entre as entradas e suas respectivas saídas (Braga, 2000).

Em alguns tipos de sistemas inteligentes, o conjunto de treinamento é formado a partir de imagens, previamente processadas, visando destacar os padrões que caracterizam as doenças. Desta forma observa-se que a boa formação do conjunto de treinamento está diretamente relacionada com a boa capacidade de aprendizado e generalização da rede neural (Haykin, 2001), o que justifica melhorar a qualidade das imagens antes de proceder com seu treinamento.

O objetivo deste trabalho é descrever o desenvolvimento de um sistema computacional de apoio ao diagnóstico de doenças localizadas no colo do útero e também responsável pelo gerenciamento das pacientes, que utiliza técnicas de inteligência artificial e processamento de imagens visando à melhoria da informação visual, permitindo posteriores análises, para identificar as possíveis doenças que podem vir a ser detectadas nas imagens colposcópicas.

⁶ <http://www..kiron.unesc.net>

1.1 Redes Neurais

Redes neurais artificiais são sistemas de processamento paralelo e distribuído constituídas de unidades de processamento, denominadas neurônios, dispostas em uma ou mais camadas interligadas por conexões, denominadas sinapses, geralmente unidirecionais (Braga, 2000).

A cada conexão são associados pesos, denominados pesos sinápticos, que representam o conhecimento da rede (Haykin, 2001). O processo de aprendizado consiste em um processo iterativo de atualização dos pesos sinápticos que chega ao seu término quando algum critério pré-estabelecido é atingido.

A operação paralela desta estrutura caracteriza o comportamento inteligente da rede que, devido sua capacidade de aprendizado por exemplos (Azevedo, 2000) tem sido utilizada nas mais variadas aplicações, como reconhecimento de voz, análise de séries temporais e classificação de imagens médicas.

1.2 Reconhecimento de Padrões

A capacidade de reconhecer e classificar padrões é uma das características fundamentais da inteligência humana (Klir, 1995). A área de reconhecimento de padrões tem se desenvolvido em ténue conexão com a evolução da tecnologia de computadores.

O reconhecimento de padrões pode ser definido como um processo de busca por estruturas em dados e a classificação das mesmas, em categorias de modo que o grau de associação é alto em estruturas da mesma categoria e baixo entre estruturas de categorias diferentes (Klir, 1995).

1.3 Imagens Digitais

Os métodos de processamento de imagens são utilizados em duas áreas distintas: melhoria da qualidade das imagens para interpretação humana e processamento de dados de cenas para percepção automática através de máquinas (Gonzalez, 2000).

Uma imagem refere-se a uma função bidimensional de intensidade luminosa $f(x, y)$, onde x e y denotam as coordenadas espaciais e o valor de f e, qualquer ponto (x, y) é proporcional ao brilho (ou nível de cinza) naquele ponto (Gonzalez, 2000).

2. Metodologia

Para desenvolvimento desta pesquisa, primeiramente fez-se um levantamento do estado da arte, onde não se constatou a existência de sistemas computacionais responsáveis pelo auxílio ao diagnóstico de doenças no colo do útero baseado em redes neurais e processamento de imagens.

Um dos trabalhos encontrados no levantamento do estado da arte (Neto, 2004) aborda somente a utilização de algoritmos de processamento de imagens para auxiliar no processo de diagnóstico. Dentre os algoritmos implementados neste trabalho, estão os algoritmos de limiarização, contraste e crescimento de regiões.

Um outro trabalho (Ambrósio, 2004) utiliza redes neurais para o diagnóstico de lesões pulmonares. Conforme descrição do autor, este sistema, quando completo, apresentará duas partes fundamentais, um módulo extrator de características, usando uma rede SOM (Self-Organizing Map) e um módulo de classificação, utilizando uma rede MLP treinada com o algoritmo *backpropagation*, não abordando técnicas de processamento de imagens.

Este trabalho visa a utilização, em conjunto, de rede neurais e processamento de imagens, objetivando a obtenção de melhores resultados no diagnóstico de doenças do colo do útero a partir da melhoria da qualidade do conjunto de treinamento. Nas seções a seguir, serão descritos o modelo de rede neural artificial e os algoritmos de processamento de imagens abordados neste trabalho.

2.1 Modelo neural utilizado

O modelo neural adotado neste trabalho é o MLP treinado com o algoritmo *backpropagation*, ideal para problemas que envolvem classificação, projeção, interpretação e generalização (Rogers, 1997). A arquitetura deste modelo é composta por uma camada de entrada, uma ou mais camadas intermediárias e uma camada de saída (Azevedo, 2000). Observa-se que a existência de camadas intermediárias permite a resolução de problemas não linearmente separáveis⁷ (Haykin). A figura abaixo ilustra uma rede MLP com três camadas.

⁷ Problemas cuja solução não pode ser obtida pela separação de duas regiões por meio de uma reta, ou hiperplano, no caso n-dimensional (Braga, 2000).

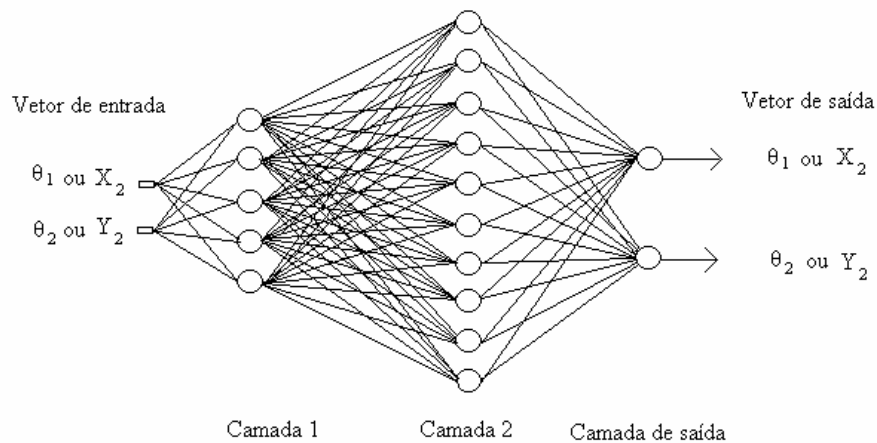


Figura 01 – Rede neural artificial MLP com 3 camadas, retirada de <http://www.geocities.com/Baja/Mesa/8978/indexe.html>.

O algoritmo *backpropagation* é um algoritmo supervisionado que utiliza pares (entrada, saída desejada) para atualizar os pesos sinápticos por meio de um mecanismo de correção de erros (Braga, 2000).

O treinamento ocorre em duas fases, a fase *forward* e a fase *backward*. A fase *forward* percorre a rede da camada de entrada para a camada de saída, sendo utilizada para calcular a saída da rede para um dado padrão de entrada (Braga, 2000). A fase *backward* percorre a rede da camada de saída para a camada de entrada, calculando erro o produzido pela diferença entre a saída da rede e a saída esperada para o padrão de entrada corrente (Braga, 2000). Este erro é então retropropagado e utilizado para atualizar os pesos sinápticos de tal forma que a rede reflita o aprendizado deste padrão (Rezende, 2005). Esta rede neural foi escolhida devido sua ampla utilização e documentação.

2.2 Processamento de Imagens

Visando a melhoria da qualidade das imagens do colo uterino, ou o aumento da qualidade de regiões de interesse, diversos algoritmos de processamento de imagens foram implementados. A *Java Advanced Imaging API*⁸ é uma API desenvolvida em Java com o objetivo de auxiliar no desenvolvimento de aplicações que envolvam processamento de imagens (Sun Microsystems, 1999).

⁸ <http://java.sun.com/javase/technologies/desktop/media/>

Esta API implementa e disponibiliza uma grande quantidade de algoritmos para aquisição, visualização e manipulação de imagens. As operações de manipulação variam desde operações simples pixel a pixel, como as operações aritméticas básicas de adição, subtração, divisão e multiplicação, filtragem, transformada direta e inversa de Fourier, entre outras (Sun Microsystems).

Os algoritmos implementados no sistema são os seguintes: aumento de contraste, limiarização, imagem negativa, conversão para a escala de cinza, adição e subtração de imagens, redução de profundidade, erosão e dilatação, detecção de bordas com os operadores sobel, prewitt e laplaciano. Para cada um dos operadores de borda, foram calculadas as respectivas médias, em todas as orientações disponibilizadas por cada filtro, e a distância euclidiana entre as orientações x e y dos respectivos operadores.

A figura 02a apresenta uma imagem do colo do útero e a figura 02b ilustra a aplicação sucessiva dos algoritmos de conversão para escala de cinza, imagem negativa e aumento de contraste, respectivamente.



Figura 02a – Imagem do colo do útero original

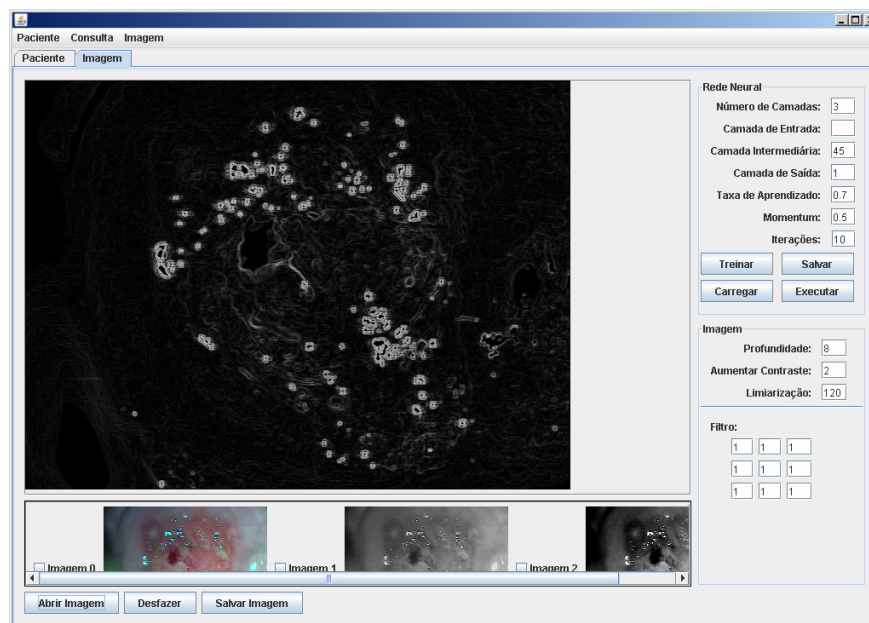


Figura 02b - Resultado da aplicação dos algoritmos de processamento de imagens.

A finalidade dos algoritmos de processamento de imagens é melhorar a qualidade do conjunto de treinamento da rede neural e conseqüentemente sua capacidade de aprendizado e generalização. Primeiramente, as imagens que constituem este conjunto são pré-processadas utilizando, por exemplo, os algoritmos de conversão para escala de cinza, aumento de contraste e detecção de bordas. Uma vez pré-processadas, os pixels resultantes são utilizados para treinar a rede neural.

2.3 Registro eletrônico da paciente

Com o objetivo de automatizar o gerenciamento das pacientes, o sistema também fornece um registro eletrônico, onde são armazenadas as informações sobre as consultas realizadas pela paciente. Esse eletrônico permite o armazenamento e recuperação de informações rapidamente, reduzindo custos com armazenamento em papel e evitando a necessidade de locais físicos para armazenamento das consultas (Massad, 2007), com anteriormente realizado.

A figura 03 ilustra a interface do registro eletrônico das pacientes

Figura 03 – Registro eletrônico das pacientes.

3. Conclusão

Para a finalização desta etapa da pesquisa é necessário o desenvolvimento de mais alguns algoritmos de processamento de imagens, como a transformada de Fourier. O módulo de redes neurais artificiais está concluído e validado.

As próximas etapas consistem em adquirir, junto à especialista em colposcopia, as imagens para efetuar o treinamento da rede neural e posterior validação dos resultados. Espera-se finalmente o desenvolvimento das metodologias associadas ao sistema para prover o efetivo auxílio ao diagnóstico de doenças no colo do útero.

A partir da obtenção das imagens, serão realizados testes intensivos com diferentes parâmetros (número de camadas, número de neurônios na camada intermediária) para escolher a melhor arquitetura neural para resolução do problema de classificação de doenças no colo do útero.

Abstract: This paper presents the preliminary results obtained from the development process of a system of **aid** to the diagnosis of diseases in the uterine **lap** (or **col**) using artificial neural networks and digital image processing. The architecture of the neural network used is MultiLayer Perceptron (MLP), **trained** with the *backpropagation* algorithm. The system contains a group of algorithms of digital image processing, developed using Java Advanced Imaging API, to aid in the functionalities of this work. Moreover, an electronic patient record

(EPR) was developed also, aiming at to store and to recover, in a effective way, the gynecological information of the patients.

Keywords: Neural networks. MLP. *Backpropagation*. Medical image processing. Colposcopy.

Referências

AMBRÓSIO, Paulo. Técnicas de Inteligência Artificial Aplicadas ao Desenvolvimento de Sistema de Apoio ao Diagnóstico de Lesões Pulmonares. Anais do IX Congresso Brasileiro de Informática em Saúde, 2004.

AZEVEDO, Fernando Mendes de; BRASIL, Lourdes Mattos; OLIVEIRA, Roberto Célio Limão de. Redes neurais com aplicações em controle e em sistemas especialistas. Florianópolis: Bookstore, 2000.

BRAGA, Antônio de Pádua; CARVALHO, André Carlos Ponce de Leon Ferreira de; LUDERMIR, Teresa Bernarda. Redes neurais artificiais: teoria e aplicações. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

GONZALEZ, Rafael C.; WOODS, Richard E. Processamento de imagens digitais. São Paulo: Edgard Blücher, 2000.

HAYKIN, Simon. Redes neurais: princípios e prática. 2.ed Porto Alegre: Bookman, 2001.

INCA. Programa Nacional de Controle do Câncer do Colo do Útero e de Mama - Viva Mulher. Disponível em: <<http://www.inca.gov.br/>> Acesso em: 08/04/2007.

KLIR, George J.; YUAN, Bo. Fuzzy sets and fuzzy logic; theory and applications. New Jersey: Prentice Hall, 1995.

MASSAD, E et al. O Prontuário Eletrônico do Paciente na Informação e Conhecimento Médico. Disponível em <<http://www.netsim.fm.usp.br/dim/livrosdim/prontuario.pdf>>, acesso em 08/04/2007.

NETO, G. Processamento e Segmentação de Imagens Colpocópicas. Anais do IX Congresso Brasileiro de Informática em Saúde, 2004.

REZENDE, Solange Oliveira. Sistemas inteligentes: fundamentos e aplicações. Barueri, SP: Manole, 2005.

ROGERS, Joey. Object-oriented neural networks in C++. California: Academic Press, 1997.

Sun Microsystems. Programming in Java Advanced Imaging. Disponível em <<http://www.sun.com/products-n-solutions/hardware/docs/pdf/806-5413-10.pdf>>, acesso em: 09/01/2007.