

Análise pela Síntese: Imagens Ultrassonográficas de Nódulos Tireoidianos

Micaelle Souza¹ and Jugurta Montalvao²

¹Electrical Engineering Department, Federal University of Sergipe - micaelle.osouza@gmail.com

²Electrical Engineering Department, Federal University of Sergipe - jmontalvao@ufs.br

Resumo—Com o aumento da incidência de lesões na tireoide na população em geral, torna-se relevante o desenvolvimento de sistemas que automatizam o diagnóstico e que possam determinar o grau de malignidade do nódulo a partir do exame de ultrassonografia (US) e, portanto, estabelecer a necessidade de se efetuar a biopsia por punção por agulha fina (PAAF) ou até mesmo procedimentos cirúrgicos. A vista dessa falta, está sendo desenvolvido uma ferramenta computacional robusta, baseada na abordagem da *Análise pela Síntese* que possa ser utilizada como uma segunda opinião médica quanto ao diagnóstico e, conseqüentemente, inferir a necessidade de se efetuar a PAAF. Este trabalho apresenta a modelagem do exame de US que posteriormente será utilizado para a criação da base de referência necessária para a execução do algoritmo.

Palavras-Chave—modelagem e simulação, análise pela síntese, imagem ultrassonográfica, ultrassonografia tireoide, visão computacional.

I. INTRODUÇÃO

Observa-se nos últimos anos uma crescente incidência de nódulos na tireoide no Brasil e no mundo. O exame clínico mais utilizado para diagnóstico e acompanhamento deste tipo de lesão é a Ultrassonografia (US), pois trata-se de um exame não invasivo com boa relação custo-benefício [1]. A US permite a mensuração e a avaliação médica de características do nódulo, e desta forma determinar se é necessário ou não efetuar a biopsia por punção aspirativa por agulha fina (PAAF) [2], que é um exame mais invasivo, mas também mais efetivo, usado clinicamente na avaliação de malignidade do nódulo. Como as decisões referentes ao tratamento são baseadas no exame de imagem, hoje existe uma demanda de estudo e desenvolvimento de ferramentas que possam auxiliar o radiologista na tomada desta decisão [1]. A ferramenta computacional que está sendo desenvolvida neste trabalho é baseada na abordagem da *análise pela síntese*, como já utilizada em trabalhos similares como [5]. Tal método mostra-se eficiente em situações onde se é necessário inferir de forma robusta informações complexas quando há poucos dados disponíveis.

II. METODOLOGIA

Na fase de desenvolvimento atual, parcialmente relatada neste artigo, busca-se a criação de um modelo computacional gerador de imagens correspondentes às imagens de exame de US na região da tiroide, com parâmetros manipuláveis quanto aos aspectos da estrutura tridimensional da tiroide e de tecidos do seu entorno, onde seja possível alocar nódulos

de diferentes tamanhos e características. Os próximos passos a partir deste modelo gerador será a construção uma base de imagens sintéticas com as possíveis combinações de estruturas anatômicas, tanto de nódulos quanto de órgãos. O algoritmo de reconhecimento de padrões utilizará essa base como referência para comparar a imagem do exame real. Uma vez que exista uma imagem sintética aproximadamente correspondente a imagem real, informações sobre os parâmetros que originaram esta imagem sintética (como por exemplo o dimensionamento da estrutura da tiroide e músculos, a localização do nódulo, as características do nódulo), podem ser assumidos como verdadeiras também para a imagem comparada. Usando essa tática será possível inferir informações que não estariam explícitas durante o exame de US, por conta dos ruídos referente aos efeitos de propagação de ondas em tecidos orgânicos, com o uso do algoritmo de reconhecimento de padrões.

A. Modelo e Simulação de Geração de Imagens

Para a criação do modelo gerador de imagens ultrassonográficas foi escolhido o uso de espaço de estados, pois trata-se de um método computacionalmente eficiente quando se trabalha com simulações de sistemas de alta ordem [6]. Neste trabalho a interação entre energia acústica e tecidos orgânicos foi considerado linear. O sinal de entrada do sistema é o pulso ultrassonográfico e o sistema é o modelo computacional da tiroide em desenvolvimento. O sinal de saída observado será o eco como resposta ao pulso ultrassonográfico, causado pelas diferenças de impedância acústica que existem dentro do tecido modelado.

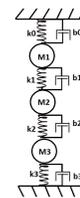


Figura 1: Sistema dinâmico base para modelagem.

O modelo da tiroide, por se tratar de um meio físico com interação de sinal sonoro, foi construído baseado na modelagem comumente utilizada para sistemas mecânicos dinâmicos, ou seja, com o uso de massas, molas e amortecedores. Para ilustrar a construção do modelo inicialmente assume-se três

massas conectadas entre si por meio de molas e amortecedores como mostrado na Figura 1. A partir dessa representação pode-se equacionar a dinâmica do sistema com equações diferenciais. A variável y marca o deslocamento das massas em relação a sua posição de equilíbrio.

$$\begin{aligned} M_1 \ddot{y}_1 + b_1(\dot{y}_1 - \dot{y}_2) + k_1(y_1 - y_2) + k_0 y_1 + b_0 y_1 &= u(t) \\ M_2 \ddot{y}_2 + b_2(\dot{y}_2 - \dot{y}_3) + k_2(y_2 - y_3) + b_1(\dot{y}_2 - \dot{y}_1) + k_1(y_2 - y_1) &= u(t) \\ M_3 \ddot{y}_3 + b_3(\dot{y}_3 - \dot{y}_2) + k_3(y_3 - y_2) + k_3 y_3 + b_3 y_3 &= u(t) \end{aligned} \quad (1)$$

A partir das equações diferenciais encontradas (1) é possível determinar as equações de estado como mostrado em [6], montando um computador analógico e observando a saída dos seus integradores. Para este sistema as equações de estado são:

$$\dot{e} = Ae + Bu \quad (2)$$

$$x = Ce + De \quad (3)$$

Onde u é a entrada do sistema, e são as variáveis de estado e A , B , C e D são as matrizes características no sistema. A matriz A contém as informações referentes as características do sistema. Neste caso, sendo um sistema físico, a matriz A contém os valores das constantes de molas, massas e amortecedores (tais valores serão determinados de acordo com as densidades dos tecidos que compõem a tireoide e seus adjacentes), além condições de contorno do sistema. A matriz B informa como e onde a entrada irá afetar o sistema, no nosso caso, em qual massa o pulso do ultrassom será inserido. Os valores na matriz B são os pesos de cada interferência que a entrada pode causar em qualquer memória. Neste caso, como a entrada sempre é uma força (compressão acústica), ela apenas pode interferir diretamente nas memórias de segundo grau derivativo. A matriz C é responsável pela transformação das variáveis de estados para representação necessária da saída do sistema. Usando o método de construção do mod If exemplifocoda acima possível a expansão e generalização de um modelo computacional para um maior número de massas, quantidade essa escolhida pelo usuário. Com o uso do método de Euler de integração numérica, um modelo simplificado foi simulado num software chamado Scilab (www.scilab.org). Usualmente em outras abordagens de simulação de US as imagens podem ser formadas com o cálculo das distâncias onde ocorrem mudanças de impedância acústica a partir da velocidade do sinal de resposta, uma vez que é conhecido a duração desse sinal, mas outros dados também podem ser utilizados para isso, como por exemplo amplitude ou potência da resposta ao pulso de ultrassom (eco).

III. RESULTADOS PARCIAIS

Foi estruturado um modelo bidimensional com 2400 massas dispostas em um plano 40x60 (uma matriz de massas, conectadas em 60 linhas não conectadas lateralmente, no modelo preliminar). A partir das informações de [3] foram escolhidos

valores de massas, molas e amortecedores coerentes com as densidades reais de tecidos da tireoide e do seu entorno. Foi aplicado um impulso unitário nas massas localizadas nos extremos do modelo, simulando um pulso ultrassônico. Depois de um intervalo (uma janela) de espera de 150us foi captado o sinal de resposta (eco). Com a resposta ao impulso do sistema, a formação da imagem pela simulação foi feita levando em consideração a amplitude do eco de resposta, onde as inversões entre pixel branco e preto representam as mudanças de impedância acústica, como pode ser observado na Figura 2. (a).

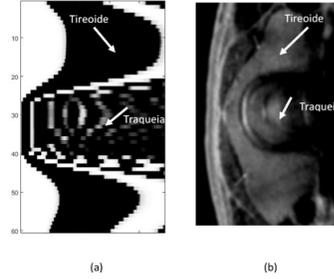


Figura 2: Imagem de ultrassom da tireoide. (a) Simulação. (b) Exame real.

IV. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de a simulação do modelo ainda estar num estágio preliminar, a imagem sintética já apresenta semelhanças com a imagem real de uma ultrassonografia como pode ser visto na Figura 2. Observando as duas imagens é possível distinguir a localização da tireoide e da traqueia na imagem gerada pelo modelo, assim como na imagem real. Espera-se que com a inclusão de mais efeitos físicos de propagação da onda no modelo, as imagens sintéticas se aproximem cada vez mais das imagens de exames reais. Assim, com o aprimoramento do modelo gerador de imagens (simulador de ultrassom), será possível a criação da base que será utilizada no algoritmo de reconhecimento de padrões, próxima etapa deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] L. PEDRAZA, C. VARGAS, F. NARVÁEZ, "An open access thyroid ultrasound image database", *Proc.SPIE*, n. March 2016, p. 92870W, 2015.
- [2] G. MAZETO, "Nódulo da Tireoide: Quando e Como Investigar.", *Prática Hospitalar*, ano 16, n. 95, p. 7-12, set/out. 2014.
- [3] P. W. ROSÁRIO, L. S. WARD, G. A. CARVALHO "Thyroid nodules and differentiated thyroid cancer: update on the Brazilian consensus", *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia Metabolgia*, v. 57, n. 4, p. 240-264, 2013.
- [4] D. KOUNDAL, S. Gupta, S. Singh, "Computer aid diagnosis of thyroid nodule: A review", *International Journal of Computer Science and Engineering Surveys*, v3, Agosto de 2012.
- [5] I. YILDIRIM, T. KULKARNI, W. Á. FREIWALD, "Efficient analysis-by-synthesis in vision: A computational framework, behavioral tests, and comparison with neural representations", *37th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, n. April, p. 1-5, 2015.
- [6] B. P. LATHI, "Sinais e Sistemas Lineares", 2 ed. Bookman, 2006.