Resolução Espacial em Mapas Cerebrais após Derivação da Fonte

Carlos Julio Tierra-Criollo[1 2]; David Martin Simpson[1] e Antônio Fernando C. Infantosi[1]

[1]Programa de Engenharia Biomédica - COPPE/UFRJ - Caixa Postal 68510 - CEP: 21945-970 Rio de Janeiro
E-mail: afci@serv.peb.ufrj.br - carjulio@serv.peb.ufrj.br
[2] Departamento de Engenharia Eletrônica - Escola Politécnica do Exército (ESPE) - Quito - Equador

Resumo - As interpolações, planar spline (*PS*) e 4-vizinhos-mais-próximos (*NN*), foram investigadas para o mapeamento cerebral após Derivação da Fonte. Distribuições simuladas com componentes de alta freqüência espacial (dipolos próximos ao escalpo) e 28 eletrodos resultaram em melhor localização de dipolos ao empregar-se a *NN*, em particular para dipolos subjacentes aos pontos de captação. Entretanto, aumento na confiabilidade da localização de fontes depende de uma maior densidade de eletrodos.

Abstract - The planar spline(PS) and four nearest neighbour (NN) interpolation techniques were studied for Brain Mapping after Source Derivation. Simulated distributions with components of high spatial frequency (dipoles near the scalp) and 28 electrodes resulted in better localization of dipoles when employing NN, especially when the source is located immediately below an electrode. Reliable results in source localization require however an increased electrode density.

Introdução

O mapeamento cerebral, da distribuição espacial da atividade elétrica instantânea ou de parâmetros do sinal EEG, tem sido considerado, apesar de sua potencialidade, um exame complementar ao EEG multicanal convencional[1]. Este fato decorre, provavelmente, do efeito de espalhamento (volume condutor entre fontes cerebrais e escalpo); localização do eletrodo de referência e amostragem espacial (densidade de eletrodos)[2], entre outros.

Com vistas a redução do efeito de espalhamento e a dependência da referência, a técnica da Derivação da Fonte foi investigada com o modelo esférico do escalpo e eletrodos não eqüidistantes no operador Laplaciano bidimensional (DFE)[3].

Na construção dos mapas, técnicas de interpolação devem ser empregadas para estimar valores em pontos onde o EEG não é adquirido. Duas são as técnicas usuais, a interpolação 4-vizinhos-mais-próximos (*NN*)[3], de caráter local, e a planar spline (*PS*)[4], técnica global (estimação baseada em todos os valores conhecidos). O desempenho da *PS* e *NN*, na construção de mapas, após a DFE, será investigado utilizando-se um sistema de eletrodos de baixa resolução espacial.

Simulação da Distribuição de Potencial

Utilizando o modelo das três camadas esféricas concêntricas para a cabeça, distribuições de potencial no escalpo foram simuladas[3]. Dois dipolos radiais de mesma intensidade foram localizados (excentricidade 0.8) subjacentes a posição de eletrodos, gerando distribuição de potencial (51x51 elementos) com espalhamento da atividade (Fig.1a). A aplicação da DFE, a essa superfície reduz o espalhamento enfatizando a localização dos dipolos (Fig.1b). A DFE foi aplicada a cada elemento, usando-se um sistema de coordenadas curvilíneas locais e redes não-uniformes.

Comparando *PS* x *NN*

A distribuição de potencial simulada foi amostrada com 28 eletrodos, 19 segundo o Sistema Internacional 10-20 e os restantes como proposto por Buchsbaum[3]. Ao potencial em cada eletrodo foi aplicada a DFE, e então construídos os mapas, utilizando a *PS* de ordem 3 (Fig.1c) e *NN* com o inverso do cubo das distâncias (Fig.1d), nos quais pode-se notar a existência de duas fontes vizinhas. O mapa com *NN* apresenta-se menos difuso que o com *PS*, provavelmente, devido as características locais da interpolação *NN*.

Deslocando as fontes para localizações aproximadamente 1/4 da distância entre os dois eletrodos (Fig.2), os mapas após a DFE e interpolados (Fig.2c e 2d) mantêm as características observadas anteriormente, porém apresentam as atividades das fontes em posições distintas da localização dos dipolos (Fig.2b).

A Fig.3 mostra os mapas para dipolos localizados aproximadamente na metade da distância entre os dois eletrodos. Nos mapas com *PS* (Fig.3c) e *NN* (Fig.3d) praticamente não se consegue distinguir a existência de dois dipolos, sugirindo a localização de uma única fonte subjacente ao eletrodo mais próximo.

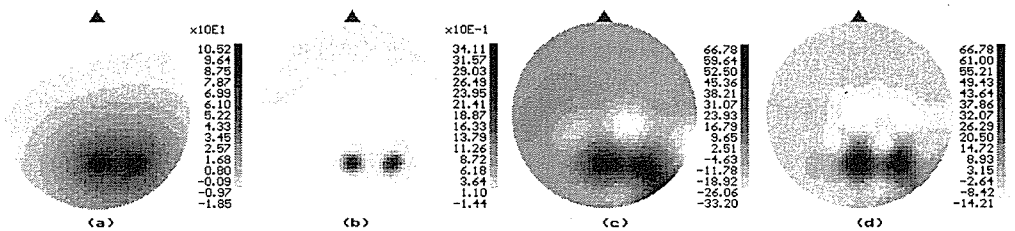

Figura 1 - Mapas com projeção radial. (a) Distribuição de potencial (rede 51x51) devido a dois dipolos com orientação radial, intensidade 1, excentricidade 0,8, subjacentes a dois eletrodos de captação, um localizado em $\theta = 46{,}8°$, $\alpha = 270°$, e o outro em $\theta = 61{,}3°$, $\alpha = 310{,}3°$, (b) DFE aplicada à distribuição em (a). Mapas construídos com base nos potenciais dos eletrodos filtrados com a DFE (c) utilizando a *PS* e (d) a *NN*.

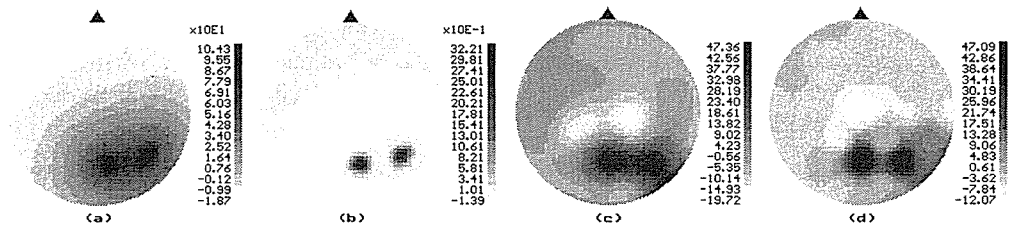

Figura 2 - Dipolos da Fig.1 deslocados 1/4 da distância entre os dois eletrodos de captação

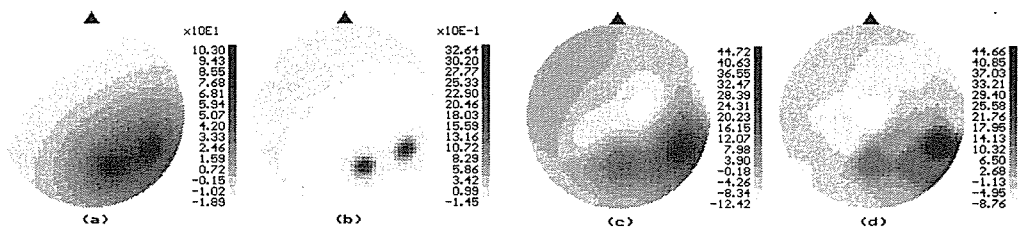

Figura 3 - Dipolos da Fig.1 deslocados 1/2 da distância entre os dois eletrodos de captação

Conclusões

Para sistemas de aquisição com baixa resolução espacial, como o Sistema Internacional 10-20, e distribuições de potencial com componentes de alta freqüência espacial, os resultados obtidos sugerem ser a técnica de interpolação *NN* mais adequada que a *PS* na construção de mapas após a DFE. O melhor desempenho da *NN* ocorre para fontes subjacentes aos eletrodos de captação. Aumentando-se gradativamente a distância entre dipolos e eletrodos de captação, a localização das fontes se torna cada vez menos confiável em ambas as técnicas. Tais resultados indicam a necessidade da melhoria da resolução espacial com aumento da densidade de eletrodos.

Referências

[1] DUFFY, F. H., HUGHES, J. R., MIRANDA, F., BERNAD, P. and COOK, P. "Status of Quantitative EEG (QEEG) in Clinical Practice: 1994". *Clin. Electroenceph.*, v. 25, p.VI-XXII, 1994.

[2] NUNEZ, P. L. "Methods to Improve Spatial Resolution". In: *Neocortical Dynamics and Human EEG Rhythms*, Eds.: Paul L. Nunez, New York: Oxford University Press, p. 54-57,1995.

[3] TIERRA, C. J., BOKEHI, J. R., SIMPSON, D. M. and INFANTOSI, A. F. C. "Source Derivation Assuming a Spherical Geometry for the Head: Application in Topographic Brain Mapping". *Proceedings of the 14th Annual Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society.* París. p. 2029-2030, 29 oct.-1 nov., 1992.

[4] PERRIN, F., BERTRAND, O. and PERNIER, J. "Scalp current density mapping: value and stimation from potential data". *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, v. BME-34, p. 283-288, 1987.

Agradecimentos

A CAPES pelo apoio financeiro.