

Avaliação de diferentes funções fitness na criação de novos ORD's por meio de programação genética

1st Dyego Alves Pereira

Universidade Federal de Viçosa

Departamento de Engenharia Elétrica
Viçosa, Brasil

dyego.pereira@ufv.br

2nd Leonardo Bonato Felix

Universidade Federal de Viçosa

Departamento de Engenharia Elétrica
Viçosa, Brasil

leobonato@ufv.br

3rd Rodolpho Neves

Universidade Federal de Viçosa

Departamento de Engenharia Elétrica
Viçosa, Brasil

rodolpho.neves@ufv.br

Abstract—Neste trabalho foi avaliada a aplicação de programação genética (PG) na geração de novos detectores objetivos de resposta. O algoritmo de PG foi implementado originalmente por [1] em MATLAB com o objetivo de obter um detector que tenha melhor desempenho em baixas relações sinal-ruído (SNR). Foram propostos novos parâmetros para o algoritmo de PG e foi avaliado o desempenho de cada função fitness. Concluiu-se que o algoritmo de PG conseguiu evoluir detectores para a função fitness implementada, sendo que o desafio da relação entre taxa de detecção e falsos positivos ainda não foi contornado.

Index Terms—EEG, Programação Genética, Inteligência Artificial, Função Fitness, Relação Sinal Ruído

I. INTRODUÇÃO

A Eletroencefalografia (EEG) é uma técnica que consiste em posicionar eletrodos no escalpo do paciente (uma disposição comum é conforme o sistema internacional 10-20) e medir seu potencial elétrico [2]. Esse potencial é gerado pelo fluxo de corrente causada pela polarização e despolarização dos neurônios do cortex cerebral sendo que as células piramidais são referidas como as principais responsáveis pelo potencial elétrico captado pelos eletrodos no EEG [3].

Uma das aplicações do EEG é a análise de potenciais evocados auditivos para avaliar a saúde do sistema auditivo humano. Potencial evocado é a resposta bioelétrica de um organismo desencadeada por algum estímulo sensorial. No entanto, o sinal de EEG contém informações além do potencial evocado auditivo. Essas informações são tratadas como EEG de fundo ou ruído. A detecção do sinal em meio ao ruído é campo de atuação da teoria da detecção e é um desafio visto que a amplitude do ruído é maior que a do o sinal, caracterizando uma baixa relação sinal-ruído (SNR) [4].

Esse desafio é contornado por meio dos detectores objetivos de resposta (ORD's) cujo objetivo é revelar o potencial evocado. Em geral, uma análise no domínio da frequência apresenta melhores resultados em termos de taxa de detecção. Como exemplo, tem-se o MSC (*magnitude-squared coherence*). O MSC estima a coerência quadrática cruzada entre dois sinais no domínio da frequência e atualmente possui o melhor desempenho entre os detectores existentes.

Apesar disso, o MSC apresenta baixa taxa de detecção (em torno de 45% para uma SNR próxima de -15dB) tanto em dados simulados com simulações de montecarlo quanto em

dados reais de EEG coletados em laboratório. Uma tentativa para melhorar a taxa de detecção consiste em aplicar programação genética para tentar evoluir um detector que apresente melhor desempenho que os atuais. A Programação Genética (PG) constitui uma técnica de inteligência artificial fundamentada na evolução das espécies, proporcionando aos computadores a capacidade de resolver problemas de maneira automatizada. Desde sua concepção, a PG tem sido empregada na resolução de uma ampla gama de desafios [5]. O algoritmo subjacente consiste em representar programas computacionais que abordam problemas específicos por meio de uma analogia ao DNA. Nesse contexto, ao acessar esse "DNA", a resolução do problema é efetuada por meio da aplicação correspondente.

Assim, foi avaliado o uso de PG na geração de novos ORD's em diferentes funções fitness com o objetivo de otimizar a detecção de potenciais evocados auditivos em baixas SNR.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

A. PG e função fitness

O procedimento consistiu em aplicar o algoritmo de PG para que a combinação não linear de quatro (4) equações de ORD's pudesse gerar novas equações e em seguida avaliar o desempenho dessas novas equações em dados de EEG usando como avaliação sua taxa de detecção e de falsos positivos. Claramente, a tendência é aumentar a taxa de detecção e minimizar a taxa de falsos positivos. Esse procedimento foi aplicado na presença de duas diferentes funções fitness no algoritmo de PG. A primeira, F1, avalia o detector com base na sua taxa de detecção (1), e a segunda, F2, o avalia com base na sua precisão, uma razão entre taxa de detecção e sua soma com a taxa de falsos positivos (2). A taxa de falsos positivos (FP) avalia a capacidade de o detector apontar uma detecção quando ela não existe. Já a taxa de detecção (TD) avalia a capacidade de o detector apontar uma detecção quando ela realmente existe. Tab. I apresenta os parâmetros usados no algoritmo de PG. As ORD's base usadas para recombinação foram: MSC, CSM, TFL e TFG [1].

$$F1 = TD \quad (1)$$

$$F2 = \frac{TD}{TD + FP} \quad (2)$$

TABLE I
PARÂMETROS USADOS NO ALGORÍTMO DE PROGRAMAÇÃO GENÉTICA.

Parâmetro	Tipo
Método de reprodução	Torneio
Tamanho de População	1000 Indivíduos
Critério de parada	50 Gerações
Taxa de mutação	5%
Taxa de elitismo	10%
Profundidade máxima inicial	3
Profundidade máxima	6

B. Banco de dados de EEG

Foram usados dois conjuntos de dados: o primeiro é um conjunto de dados simulado com simulação de montecarlo para cálculo dos valores críticos dos novos detectores gerados [6] e o segundo um conjunto de dados reais coletado no laboratório do NIAS (Núcleo interdisciplinar de análise de sinais) [7]. O conjunto simulado consiste em uma senoide de 80Hz imersa em ruído de modo à ajustar a SNR desejada. Foram usadas 100 mil iterações com 60 Janelas de 1000 pontos. Os dados reais EEG possuem estimulação múltipla de 80, 85, 89 e 93 Hz para a orelha direita e 83, 87, 91 e 95 Hz para a orelha esquerda. A intensidade de estimulação foi de 70dB (SPL).

C. Teste de McNemar

É um teste de hipóteses utilizado em dados dicotômicos pareados, focando nos elementos fora da diagonal. Ele produz um teste qui quadrado com 1 grau de liberdade e depende das observações discordantes para estimar o tamanho da amostra. Sob a suposição de médias iguais, é equivalente a um teste t pareado [8]. No trabalho em questão o objetivo é comparar dois ORD's em termos de taxa de detecção.

D. Critérios de avaliação das funções fitness

As funções fitness foram comparadas mutuamente com base quatro (4) parâmetros de avaliação, todos referentes a última população de detectores encontrada pelo algoritmo de PG, ou seja, os 1000 melhores indivíduos. São eles: a proporção de detectores com a taxa de falsos positivos menor que 7%, a taxa de detecção média, a taxa de falsos positivos média e por fim a proporção de detectores estatisticamente melhores que o MSC com base no teste de McNemar asymptotic [9]. O objetivo aqui é observar se a função fitness conseguiu evoluir detectores que coincidem com os parâmetros usados em sua expressão matemática. Se esses parâmetros coincidem, o algoritmo funcionou corretamente.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A. Comportamento das funções fitness

Dentre os mil (1000) melhores indivíduos, F1 conseguiu evoluir 5 (0.5%) deles para serem estatisticamente superiores a MSC em termos de taxa de detecção. F2 encontrou 15 superiores a MSC (1.5%). No entanto, como F2 penaliza a taxa de falsos positivos em sua expressão, da teoria da

detecção, conseqüentemente, a taxa de detecção dos detectores tende a cair. Essa afirmação pôde ser comprovada pela taxa de detecção média da população final, que foi inferior em F2 (33.82%) quando comparada com F1 (68.95%). No entanto, foi observado que a taxa de falsos positivos média da população foi menor em F2 (7.21%) comparada com F1 (57.08%). Por fim, F2 apresenta quase todos os detectores da população com a taxa de falsos positivos controlada (889 dos mil), enquanto que F2 apresenta apenas 129 deles. Fig. 1 apresenta o resumo da comparação entre F1 e F2.

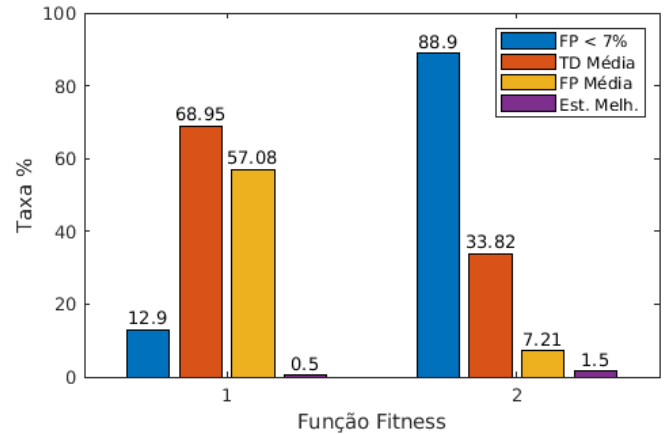


Fig. 1. Comparação entre o desempenho das funções fitness.

IV. CONCLUSÕES

Se consideramos como parâmetro a proporção de detectores estatisticamente superiores ao MSC, indicamos que F2 foi superior a F1, pois conseguiu evoluir mais detectores que F1. Além disso, F2 também conseguiu manter a taxa de falsos positivos média da população em valores aceitáveis (menores que 7%). No entanto, a taxa de detecção média da população em F1 foi superior, e isso se deve à afirmação da teoria da detecção que devido à sobreposição de distribuições de propabilidade em hipótese nula (não existe estímulo) e hipótese alternativa (existe estímulo) alterações no limiar de detecção, ao mesmo tempo que alteram a taxa de detecção, alteram também a taxa de falsos positivos. Ou seja, ao tentar evoluir um detector apenas para a taxa de detecção, no caso de F1, estamos automaticamente o evoluindo para um aumento em sua taxa de falsos positivos. Dessa forma, em F2, ao tentar penalizar sua taxa de falsos positivos, estamos automaticamente penalizando sua taxa de detecção. Por fim, F2 se mostrou superior por possuir ambos os parâmetros em sua expressão (taxa de detecção e de falsos positivos), encontrando mais detectores superiores à MSC quando comparado com F1.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida que me concedeu em Cristo, sendo a maior e mais importante conquista da minha história. Agradeço também a ele por me ensinar a lidar com os momentos difíceis da minha vida. Agradeço a minha

família pelo apoio em tudo que precisei até então. Agradeço ao grupo NIAS pelo apoio acadêmico na trajetória deste projeto. Agradeço ao Leonardo e ao Rodolpho pela orientação ferrenha neste projeto, apontando o caminho a seguir.

REFERENCES

- [1] SOARES, B. Q. Proposta de algoritmos evolutivos para construção de detectores objetivos de resposta por meio da recombinação de elementos de detectores existentes. Monografia - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, p. 51. 2019.
- [2] BRONZINO, J. D. Medical Devices and Systems. 3. ed. [S.l.]: CRC Press, 2006. ISBN 97808493221221.
- [3] Clark, John W. 2009. Medical Instrumentation : Application and Design. Edited by John G. Webster. 4rd ed. New York: Wiley.
- [4] ELOI, B. F. d. S.; ANTUNES, F.; FELIX, L. B. Improving the detection of auditory steady-state responses near 80 Hz using multiple magnitude-squared
- [5] POLI, Ricardo. A Field Guide to Genetic Programming
- [6] FELIX, L. B. et al. Multivariate approach for estimating the local spectral F-test and its application to the EEG during photic stimulation. Computer Methods and Programs in Biomedicine, Elsevier B.V., v. 162, p. 87–91, 2018. ISSN 18727565. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2018.05.010>.
- [7] ZANOTELLI, Tiago et al. Choosing multichannel objective response detectors for multichannel auditory steady-state responses. Biomedical Signal Processing and Control, v. 68, p. 102599, 2021.
- [8] LACHENBRUCH, Peter A. McNemar test. Wiley StatsRef: Statistics Reference Online, 2014.
- [9] FAGERLAND, Morten W.; LYDERSEN, Stian; LAAKE, Petter. The McNemar test for binary matched-pairs data: mid-p and asymptotic are better than exact conditional. BMC medical research methodology, v. 13, p. 1-8, 2013.
- [10] CARVALHO, J. A. DA S. Avaliação da Magnitude Quadrática da Coerência Múltipla Como Detector Objetivo de Respostas Auditivas em Regime Permanente. [s.l.] Associação entre Universidade Federal de São João del-Rei e Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2015.
- [11] KHAZI, M.; KUMAR, A.; VIDYA, M. J. Analysis of EEG Using 10 : 20Electrode System. v. 1, n. 2, p. 185–191, 2012.
- [12] Duffy, Stephen W. “Asymptotic and Exact Power for the McNemar Test and Its Analogue with R Controls Per Case.” Biometrics, vol. 40, no. 4, 1984, pp. 1005–15. JSTOR, <https://doi.org/10.2307/2531151>. Accessed 30 Sept. 2023.
- [13] ANTUNES, F. Estimativa dos Limiares Auditivos usando Eletroencefalograma Multicanal e Magnitude Quadrática da Coerência Múltipla com Valores Críticos Corrigidos para Testes Sequenciais. [s.l.] Associação entre Universidade Federal de São João del-Rei e Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2018.