

# Matching Pursuit w analizie sygnałów elektroencefalograficznych

Piotr Różański<sup>2,1</sup>, Marian Dvoglialo<sup>1</sup>, Anna Stróż<sup>1</sup>, Anna Chabuda<sup>1</sup>, Piotr Durka<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Wydział Fizyki, Uniwersytet Warszawski

<sup>2</sup> Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

1920

1920-2020

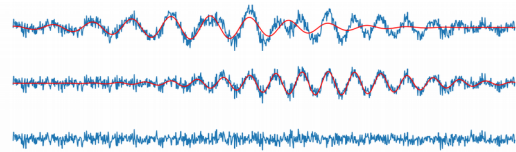


100 LAT POLSKIEGO TOWARZYSTWA FIZYCZNEGO

2020

Matching Pursuit (MP) to zaproponowany przez Mallata i Zhanga w 1993 r. adaptacyjny algorytm, realizujący suboptymalne rozwiązanie NP-trudnego problemu optymalnej aproksymacji sygnału  $s$  w redundantnym zbiorze  $D$  funkcji  $\{g\}$  jako  $s(t) \approx \sum_i a_i g_i(t)$  przy pomocy iteracyjnej (zachłannej) procedury

$$\begin{cases} s^{(0)} = s \\ g_i = \arg \max_{g \in D} \langle g, s^{(i-1)} \rangle, & a_i = \langle g_i, s^{(i-1)} \rangle \\ s^{(i)} = s^{(i-1)} - a_i g_i \end{cases}$$



Pierwsze praktyczne zastosowania tego algorytmu, realizowane na Wydziale Fizyki UW od połowy lat 90., wykazały ogromny potencjał i nowe możliwości w analizie sygnałów elektroencefalograficznych (EEG), jak na przykład opis całonocnych zapisów EEG snu pacjentów z zaburzeniami świadomości [1], czy topografie wybranych struktur wyliczane przez zaproponowaną przez nas wielozmienną wersję algorytmu, które umożliwiły jakościowo efektywniejsze podejście do jednego z największych problemów elektroencefalografii, jakim jest lokalizacja przestrzenna źródeł sygnału [2].

Równolegle prowadzimy prace nad zrozumieniem działania tego wysoce nieliniowego algorytmu, koniecznym dla efektywnego stosowania i optymalizacji. Pierwszym krokiem było zaproponowanie struktury słownika  $D$ , w którym funkcje  $g$  rozłożone są równomiernie względem metryki opartej na ich iloczynie skalarnym. Taka konstrukcja [3] umożliwiła po raz pierwszy oszacowanie z góry błędu pojedynczej iteracji i została wykorzystana w zoptymalizowanej implementacji *empi* udostępnionej na licencji open-source. W ramach kontynuacji prac nad strukturą słownika udało się również zdefiniować słownik optymalny dla szerokiej gamy obwiedni [4] oraz zbadać jego własności i wpływ na zachowanie algorytmu. Połączenie optymalnej konstrukcji słownika z lokalną (quasi-gradientową) optymalizacją parametrów pozwoliło na uzyskanie całkowitej niezależności wyników od rozmiaru słownika, z jednoczesnym zachowaniem istotnej cechy MP – gwarancji wyboru w każdej iteracji funkcji odpowiadającej globalnemu maksimum jakości dopasowania. Wynikająca stąd istotna redukcja czasu obliczeń otwiera drogę do nowych zastosowań, wymagających dużej mocy obliczeniowej, jak wspomniana już analiza zapisów całonocnych [1] lub jako podstawa do działające w czasie rzeczywistym interfejsów mózg-komputer.

## Literatura:

1. PARAMETRIC DESCRIPTION OF EEG PROFILES FOR ASSESSMENT OF SLEEP ARCHITECTURE IN DISORDERS OF CONSCIOUSNESS. M. ZIELENIEWSKA, A. DUSZYK, P. RÓŻAŃSKI, M. PIETRZAK, M. BOGOTKO, AND P. DURKA. INTERNATIONAL JOURNAL OF NEURAL SYSTEMS, 29(3):1850049, OCT 2018.
2. MULTICHANNEL MATCHING PURSUIT AND EEG INVERSE SOLUTIONS. PIOTR J. DURKA, ARTUR MATYSIAK, EDUARDO MARTINEZ MONTES, PEDRO VALDES SOSA AND KATARZYNA J. BLINOWSKA. JOURNAL OF NEUROSCIENCE METHODS, VOL. 148/1, PP. 49-59, 2005
3. MULTIVARIATE MATCHING PURSUIT IN OPTIMAL GABOR DICTIONARIES: THEORY AND SOFTWARE WITH INTERFACE FOR EEG/MEG VIA SVAROG. R. KUŚ, P. T. RÓŻAŃSKI AND P. J. DURKA. BIOMEDICAL ENGINEERING ONLINE 2013, 12:94 DOI:10.1186/1475-925X-12-94
4. EFFECTS OF ENVELOPE AND DICTIONARY STRUCTURE ON THE PERFORMANCE OF MATCHING PURSUIT. P. T. RÓŻAŃSKI. IET SIGNAL PROCESSING (AVAILABLE ONLINE: 11 NOV 2019), DOI:10.1049/IET-SPR.2019.0246

Słowa kluczowe: analiza sygnałów, interfejsy mózg-komputer

