

**АВТОМАТИЧНЕ ВИЯВЛЕННЯ ТА ПРИГНІЧЕННЯ ЕЛЕКТРОДНИХ ТА
ОКУЛОГРАФІЧНИХ АРТЕФАКТІВ В ЕЕГ ЗАПИСАХ**

Кісельгов Є.М.

Науковий керівник – д.т.н., проф. Смеляков С.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПШ,
м. Харків, Україна

тел. +38(095) 250-07-85, e-mail: yevhen.kiselhov.cpe@nure.ua.

This work shows usage of blind source separation approach based on ICA and EEG dipole model to isolate EEG artefacts to independent sources, detect and suppress them. Invers ICA composition from sources with suppressed artifacts allows to archive cleaned EEG with minimal remains of artifacts.

Електроенцефалографія – це метод реєстрації електричної активності головного мозку, відведеної з поверхні шкіри голови, зі скальпу голови. Така електрична активність має назву – біопотенціали головного мозку. Її реєстрація є одним з поширених методів функціональної діагностики стану людини [1, 2]. Вона дозволяє проаналізувати фізичний стан і зрілість головного мозку, виявити на попередньому етапі наявність осередків уражень мозку, загальмований розлад тощо [3]. Якість аналізу ЕЕГ напряму залежить від якості реєстрації сигналу. Якщо проблеми перешкод виду мережевої завади або погана якість фільтрації та оцифрування сигналу гарно постійно вирішуються завдяки прогресу у розвитку електроніки то перешкоди викликані діями пацієнта – артефакти, можливо побороти лише методами очищення сигналу перед етапом аналізу. Серед ЕЕГ артефактів виділяють: електродні (ізолюваного електроду та референтного електроду), окулографічні (зорові), кардіографічні, міографічні (ковтання, тремор, нервові зубні скрежати). Останні два види у більшості випадків рідкісні або можуть бути подолані фільтрацією. Найбільші проблеми пов'язані з електродними та окулографічними артефактами оскільки вони природно з'являються у моменти стимуляції мозкової активності пацієнта.

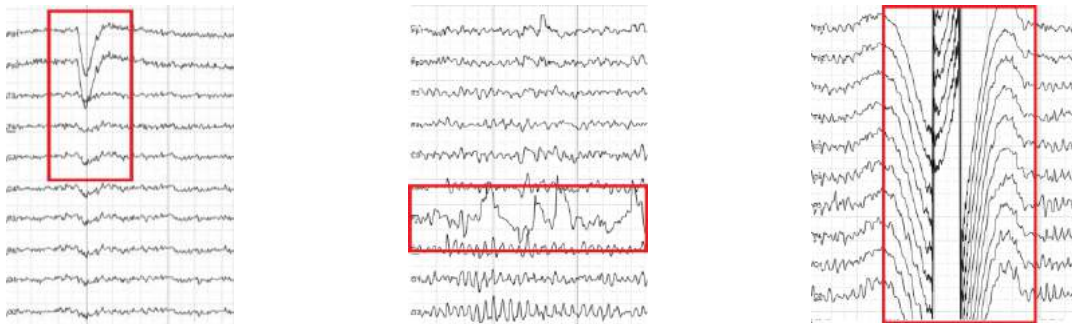


Рисунок 1. Окулографічний, електродний та референтний артефакти.

Виявити ці артефакти на фоні ЕЕГ складно: за спектром вони мають таке саме частотне розподілення як ЕЕГ, за формою вони збігаються з

патологічною активністю мозку. Унікальне лише місце їх «зародження»: окулографічні артефакти фізично розташовані у в зоні ока, електродний артефакт фізично проявляється лише в каналі цього електроду, референтний артефакт рівнорозподілений по всім каналам ЕЕГ. Потрібен метод який дозволяє виділити окремо ці артефакти від ЕЕГ сигналу та дати можливість оцінити їх просторову локалізацію, наприклад у виді вагових коефіцієнтів входження сигналу артефакту в кожному каналі ЕЕГ:

$$X = A \cdot S$$

де X – матриця вихідного сигналу ЕЕГ (суміш джерел ЕЕГ та артефактів), сигнал кожного електроду – окремий рядок матриці, S – матриця окремих сигналів мозкової активності та артефактів розділених між собою: кожен артефакт – окремий рядок матриці, кожна активність – також окремий сигнал, за розміром так ж як матриця X , A – квадратична матриці закону змішування, кожен стовпець матриці – вагові коефіцієнти з якими джерело з матриці S та номером стовпця матриці A змішується у вихідний сигнал ЕЕГ X . Потрібне лінійне розділення забезпечує метод аналізу незалежних компонент ІСА. Він використовує функції оцінки статистичної незалежності сигналів (ентропії, негетропія, ексцес) для розділення сигналу ЕЕГ X на незалежні компоненти S , та оцінює матрицю змішування A [4]. Метод ІСА виділяє артефактні сигнали в окремі джерела де співвідношення сигналу артефакту до залишкового ЕЕГ сигналу максимальне [5]. Це дозволяє оцінити вагові коефіцієнти s_i кожного i -го артефакту окремо, а знаючи їх – знайти фізичне розташування джерела генерації артефакту та визначити тип артефакти.

Для виявлення електродного артефакту пропонується використовувати кореляційний коефіцієнт Пірсона між ваговими коефіцієнтами s_i та модельними коефіцієнтами \hat{s}_i артефакту у j -му канал $\hat{s}_{i,j} = \{1; i = j 0.001; i \neq j$. Якщо коефіцієнт Пірсона більше або дорівнює 0,9 – це показник електродного артефакту у каналі j та пов'язаному з ним електроді. Для виявлення артефакту референтного електроду пропонується оцінити значення s_i лінійною регресією $F(s_i) = a + b * i$. Якщо t -критерій Стьюдента показує високу достовірність регресії, а кут нахилу $\arctg(b) \leq 1^\circ$ тоді s_i описує рівномірний вплив артефакту на всі канали, а це ознака артефакту референтного електроду. Також для виявлення та усунення референтного електроду можливо застосовувати дипольну модель ЕЕГ [6].

Для оцінки окулографічного електроду пропонується використовувати дипольну модель ЕЕГ джерел та спрощену обернену задачу ЕЕГ [6, 7]. Якщо електричний диполь розташований в зоні очних м'язів, або нервового тракту обробки зорової інформації має таке ж за формою розподілення на скальпі \hat{s}_i для даного джерела s_i – це ознака окулографічного електроду.



Рисунок 2. Вагові коефіцієнти розподілення окулографічного артефакти s_i та дипольне розподілення \hat{s}_i яке його моделює.

Користуючись лінійністю закону розкладання ЕЕГ на джерела можливо провести зворотну композицію ЕЕГ з сигналів джерел де джерела артефактів будуть замінені нульовим сигналом.

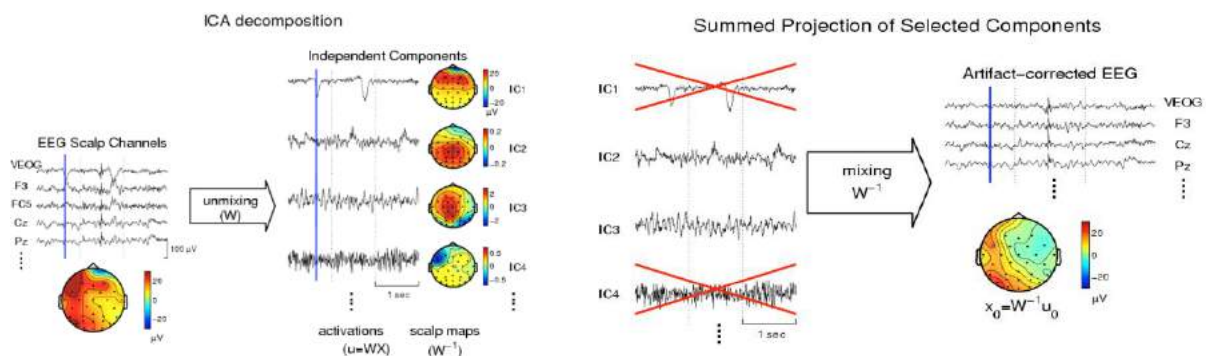


Рисунок 3. Зворотна композиція ЕЕГ сигналів без артефактів.

Список використаних джерел:

1. Чернінський А. О., Крижановський С. А., Зима І. Г. Електрофізіологія головного мозку людини: методичні рекомендації до практикуму – К. : Видавець В. С. Мартинюк, 2011. 49 с.
2. Гусельников В. І., Електрофізіологія головного мозку. – М.: Вища школа, 1976.
3. Zenkov L. P. Клінічна електроенцефалографія з елементами епілептології — М.: Вища школа, 2002
4. Makeig S., Bell AJ., Jung T-P., Sejnowski TJ., Independent component analysis of Electroencephalographic data. / Advances in Neural Information Processing Systems 8, 1996. 145-151 p.
5. Jung T-P., Makeig S., Humphries C., Lee TW., McKeown MJ., Iragui V., Sejnowski TJ. Removing Electroencephalographic Artifacts by Blind Source Separation. / Psychophysiology 37, 2000. 163-78 p.
6. Кисельгов Е. Н. Приближенное решение проблемы референтного электрода в ЭЭГ анализе / Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. - 2006. № 1. С. 115–123.
7. Гнездицкий В. В. Обратная задача ЭЭГ и клиническая энцефалография / Изд-во ТРТУ. Таганрог. 2000. 640 с.