

УДК 53.05: 617.753

Павло Тимків

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ОПРАЦЮВАННЯ НИЗЬКОІНТЕНСИВНОГО ЕЛЕКТРОРЕТИНОСИГНАЛУ

Удосконалено метод визначення коефіцієнтів фільтру Калмана, при опрацюванні низькоінтенсивного електроретиносигналу, для задачі виявлення ризиків нейротоксикації, шляхом застосування перебору у декілька ітерацій, із зміною кроку. На основі визначених коефіцієнтів, синтезовано фільтр Калмана для опрацювання низькоінтенсивного електроретиносигналу. Проведено порівняння часу роботи алгоритму визначення коефіцієнтів методом прямого направленого перебору, та алгоритму удосконаленого пошуку із змінним кроком перебору.

Ключові слова: електроретиносигнал, низька інтенсивність, фільтр Калмана, часова складність

Pavlo Tymkiv

IMPROVED METHOD PROCESSING OF LOW ENERGY ELECTRORETINOSIGNAL

Improved the method of determining the coefficient Kalman filter, the processing of low electroretinosignal. Comparison of time determination of algorithm coefficients by direct-directional sorting, and improved search algorithm with variable step-busting.

Key words: electroretinosignal low intensity, Kalman filter, time complexity

Рівень захворювань спричинених негативним впливом навколишнього середовища є важливою є медичною та соціально-економічною проблемою, що потребує своєчасного діагностування, профілактики та лікування. Не менш важливим є невпинний ріст поширеності професійних захворювань. Серед професійних захворювань особливе місце посідають нейротоксикози, викликані хімічними факторами.

Більшість методів діагностування нейротоксикозу, не володіють високою точністю при діагностуванні на ранніх етапах. Тому, на сьогоднішній день, постала проблема пошуку своєчасної ранньої діагностики, з метою попередження ускладнень та коректного підбору лікування. Відомо той факт, що ранні зміни організму людини при нейротоксикації також можна запідозрити у змінах сітківки, тому застосовують низькоінтенсивну електроретинографію для діагностування нейротоксикозів.

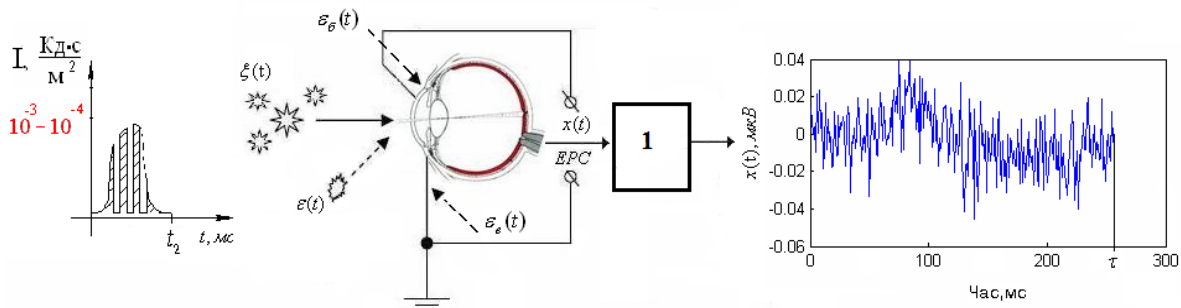


Рис. 1. Схема реєстрації низькоінтенсивного електроретиносигналу

Зменшення інтенсивності енергії світлового подразнення, зменшує величину відношення енергій електроретиносигналу (ЕРС) s_k та шуму n_k у відібраному від сітківки ока потенціалі $x_k = s_k + n_k$, де $k \triangleq k\Delta t$ – крок дискретизації, $\Delta t = 1/2f$, f – частота дискретизацій. Відомі роботи, в яких, для збільшення відношення вказаних енергій,

обґрунтовано застосування фільтру Калмана. Для побудови фільтру Калмана необхідна обчислювальна модель ЕРС. В працях Ткачука Р.А., за обчислювальну модель ЕРС використано рекурсивну структуру 2-го порядку. Для відомого ЕРС значення її параметрів a_1 , a_2 ідентифіковано методом послідовного підбору за мінімумом середньоквадратичної похибки (СКП) відтворення ЕРС як відліків інтегрованої з квадратом функції. Проте, послідовний підбір параметрів обчислювальної рекурсивної структури 2-го порядку має значну часову складність.

Тому запропоновано удосконалення методу підбору параметрів обчислювальної рекурсивної структури 2-го порядку (визначення коефіцієнтів), шляхом підбору у декілька ітерацій зі звуженням діапазону перебору. Обчислення СКП при переборі значень з малим кроком потребує значних обчислювальних затрат, тому перебір виконується у декілька ітерацій із зміною кроку та звуженням діапазону значень коефіцієнтів на кожній наступній ітерації. Значення коефіцієнтів в кожній ітерації розраховується методом поділу діапазону еквідистантними відрізками. Кількість ітерацій та кроків діапазону задаються фіксовано. Алгоритм визначення коефіцієнтів шляхом удосконаленого прямого направленного перебору у декілька ітерацій зі звуженням діапазону перебору реалізовано програмно в середовищі Matlab. Результати перебору коефіцієнтів показано на рис.2.

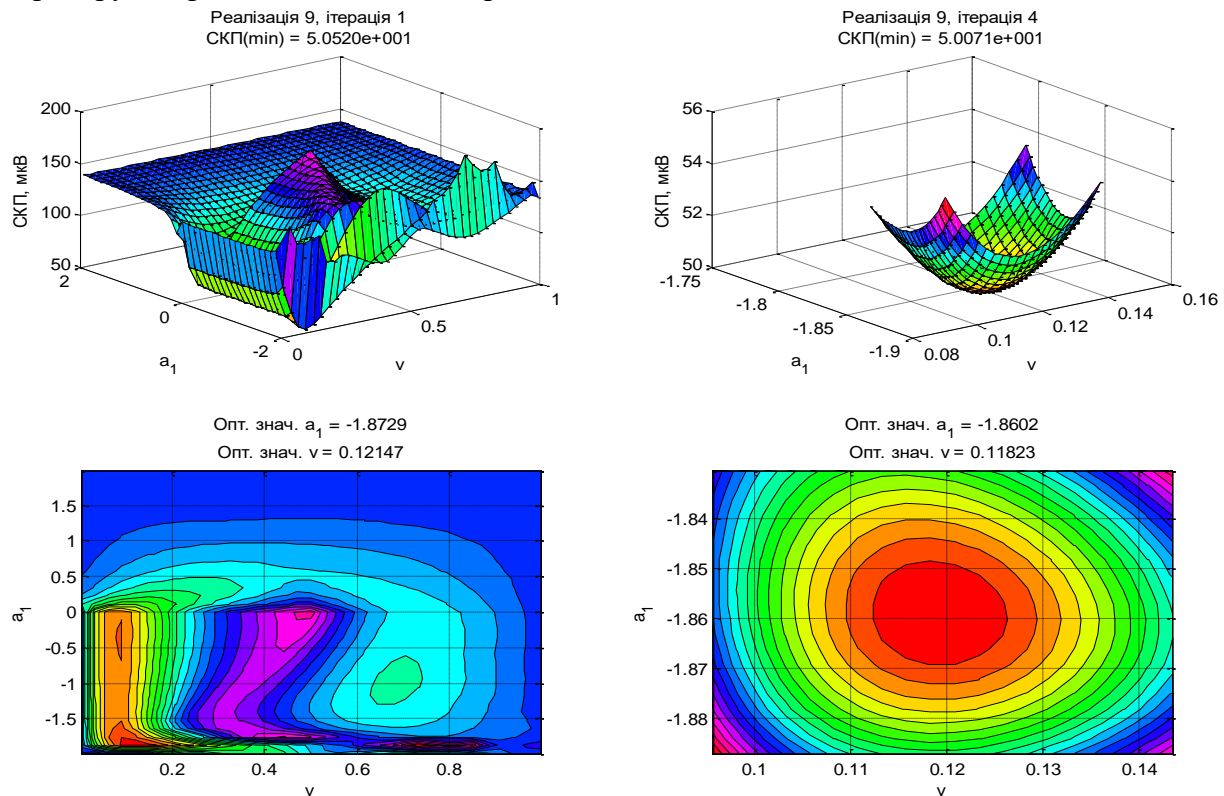


Рис. 2. Ілюстрація визначення СКП відтворення низькоінтенсивного ЕРС, при переборі коефіцієнтів методом прямого направленного перебору у декілька ітерацій

Ознакою коректності роботи програми є замкнута крива ізоліній на останній ітерації та подібність АЧХ фільтру до спектру еталонного низькоінтенсивного ЕРС.

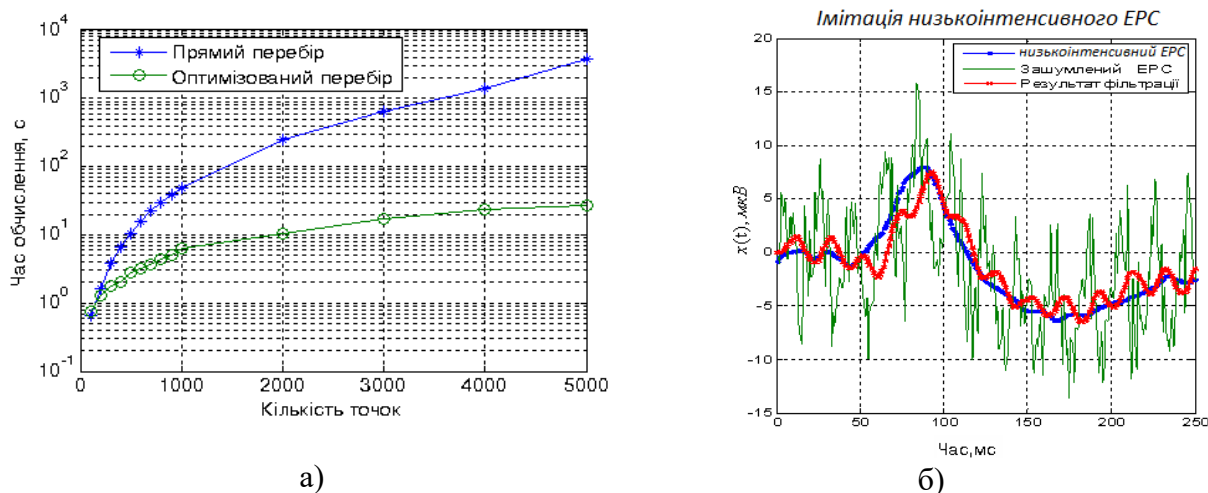


Рис. 3. Порівняння часової складності алгоритмів визначення коефіцієнтів - а) та результати опрацювання низькоінтенсивного ЕРС - б)

Оптимальні значення коефіцієнтів розраховуються для кожної реалізації ансамблю.

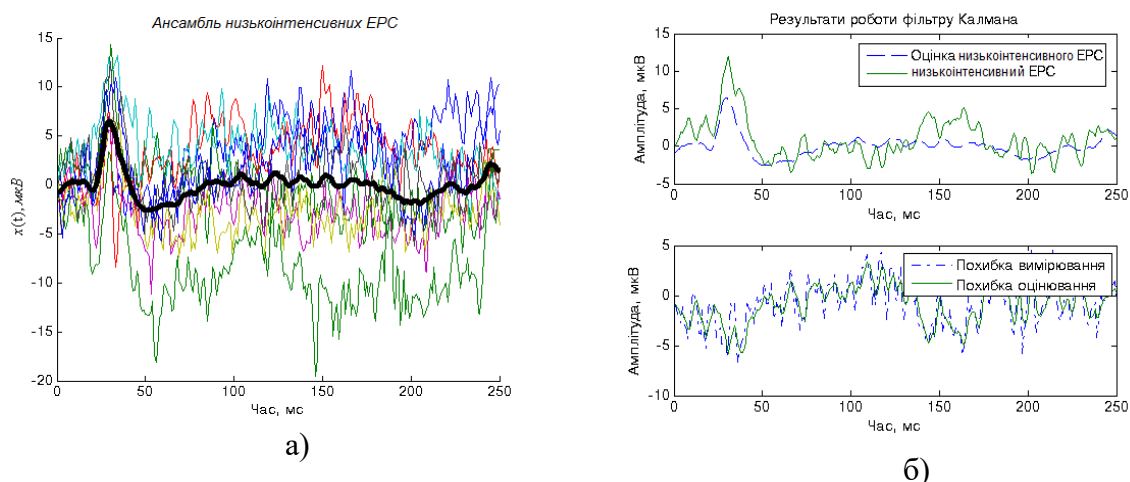


Рис. 4 Результати опрацювання низькоінтенсивного електроретиносигналу:
а) – ансамбль з 36 реалізацій низькоінтенсивного ЕРС з експозицією світлового подразнення 1,24 лк•с, б) – результати опрацювання одного сигналу із ансамблю низькоінтенсивного ЕРС

Своєчасна рання діагностики стану організму людини на предмет виявлення нейротоксикації, вимагає удосконалення методу електроретинографії шляхом зниження інтенсивності світлового подразнення, що вимагає додаткового опрацювання низькоінтенсивного ЕРС. Визначення коефіцієнтів математичної моделі ЕРС шляхом прямого направленного перебору, володіє значною часовою складністю. Тому проведено оптимізацію визначення параметрів обчислювальної рекурсивної структури 2-го порядку за критерієм мінімуму обчислювальної складності. Перебір коефіцієнтів здійснюється у декілька ітерацій зі зміною кроку перебору, що дозволило зменшити обчислювальну складність алгоритму, скоротити час обчислень у 120 разів за інших однакових умов.