

Н.В. Дорош , Г.Л. Кучмій, К.Р. Калюжна
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра електронних приладів

МОДЕЛЮВАННЯ АЛГОРИТМІВ ОБРОБКИ ЕЛЕКТРОЕНЦЕФАЛОГРАМ ДЛЯ МІКРОЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ЕЛЕКТРИЧНОЇ АКТИВНОСТІ МОЗКУ

© Дорош Н.В., Кучмій Г.Л., Калюжна К.Р., 2005

Наведено алгоритм та результати моделювання процедури спектрального аналізу електроенцефалограм (ЕЕГ) у різних відведеннях для мікроелектронних систем контролю біосигналів мозку.

In the work the algorithm and modeling results of EEG spectral analysis in different canals for microelectronic systems of celebrate biosignals control are shown.

Вступ

Одним з важливих напрямків сучасної медичної електроніки є розробка та впровадження мікроелектронних систем контролю, реєстрації та аналізу електрофізичних параметрів біомедичних сигналів (БМС), що характеризують функціональний стан людини. Стрімкий розвиток комп'ютерних та інформаційних технологій, мікропроцесорної техніки дає можливість створення спеціалізованих мікросхем для обробки БМС та мікросхем цифрової пам'яті для використання в мініатюрних медичних приладах та системах. Актуальною задачею є розробка та оптимізація алгоритмічної бази для таких систем.

Методи обробки біосигналів мозку

З впровадженням у медичну практику комп'ютерних технологій стало можливим здійснювати аналіз електричної активності мозку на якісно новому рівні. У теперішній час найперспективнішим під час вивчення електрофізіологічних процесів є напрямок цифрової електроенцефалографії. Сучасні методи комп'ютерної обробки електроенцефалограм дозволяють здійснювати детальний аналіз різних ЕЕГ-феноменів, переглядати будь-яку ділянку кривої в збільшеному вигляді, робити її амплітудно-частотний аналіз, зображати отримані дані у вигляді карт, цифр, графіків, діаграм і одержувати імовірнісні характеристики просторового розподілу факторів, що зумовлюють виникнення електричної активності.

В основі математичного аналізу ЕЕГ лежить перетворення вихідних даних методом швидкого перетворення Фур'є. Вихідна електроенцефалограма після перетворення її в дискретну форму розбивається на послідовні сегменти, кожний з яких використовується для побудови відповідної кількості періодичних сигналів, які потім піддають гармонійному аналізу. Вихідні форми зображають у вигляді числових значень, графіків, графічних карт, стиснутих спектральних областей, ЕЕГ-томограм тощо. Основні напрямки математичного аналізу ЕЕГ[1,2] :

- перетворення первинних електроенцефалографічних даних у цифрову форму;
- автоматичний аналіз частотних і амплітудних характеристик ЕЕГ (елементи спектрального аналізу ЕЕГ);
- перетворення даних аналізу у форму графіків чи топографічних карт.

Розробка програми аналізу даних електроенцефалограм в IDE Delphi 6

Загальна блок-схема алгоритму обробки даних енцефалограми показана на рис. 1.

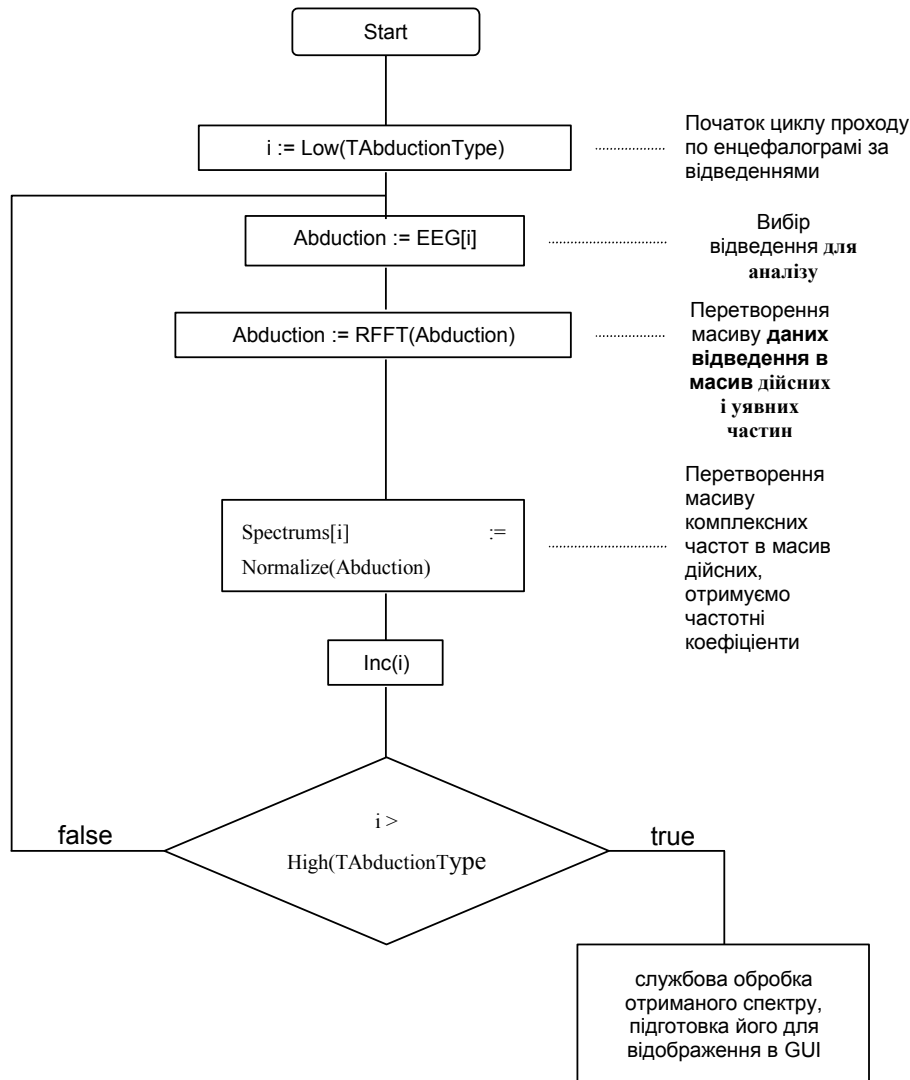


Рис.1. Блок-схема алгоритму обробки

На вході логіка отримує структуру даних, що містить дані енцефалограми. Вона має такий вигляд:

TEEG = array[TA abductionType] of TAbductionArray;

де TAbductionType – enum, що однозначно характеризує відведення, має такий тип:

TAbductionType = (atFp1, atFp2, atF7, atF8, atF3, atF4, atT3, atT4, atC3, atC4, atT5, atT6, atP3, atP4, atO1, atO2, atFp2F4, atFp1F3); а TAbductionArray – масив, що містить одне відведення:

TAbductionArray = array[0..ABDUCTION_POINTS_COUNT - 1] of Double;

де ABDUCTION_POINTS_COUNT – кількість значень, на яку розбивається інтервал енцефалограми, що аналізується. ABDUCTION_POINTS_COUNT і декларація типу TAbductionType, є опціональними. Програма сама ініціалізує по ним свої GUI елементи, це дозволяє за потреби безпечно їх змінювати у вихідному коді. Однак константа ABDUCTION_POINTS_COUNT повинна містити значення, що є ступенем числа 2, це специфіка алгоритму (якщо ця умова не дотримується, правильність роботи алгоритму не гарантується). Тип даних TSpectrums є аналогічним за структурою до TEEG, але використовується для збереження спектральних розподілів. На виході алгоритм, зображений на рис.1, повертає структуру типу TSpectrums, що містить розраховані спектральні розподіли за відведеннями.

Модулі вихідного коду програми:

- **realfft**. містить реалізацію основного алгоритму FFT-перетворення;

- **ap.** модуль, що містить внутрішні функції і типи даних, що використовує `realfft`;
- **Common.** реалізує службову логіку для реалізації роботи програми: робота з графікою і `canvas`-ами GUI-елементів, відображення графіків і діаграм, конвертація службових типів даних, робота з базою даних пацієнтів і т. д.;
- **MainFRM.** відповідає за роботу `main`-форми програми (вікна, яке з'являється на екрані одразу після старту);
- **PatientsFRM.** відповідає за роботу вікна відображення пацієнтів;
- **EEGEditorFRM.** відповідає за роботу вікна редагування енцефалограм, їх запис/читання в/з бази даних, створення нових;
- **EEGAnalysisFRM.** реалізує ключове вікно програми – аналіз енцефалограми, та набір основних функцій для його роботи.

Програма складається з двох файлів:

- `EEGAnalyzer.exe` – виконавчий файл програми;
- `db.mdb` – база даних пацієнтів і енцефалограм.

Для початку роботи з програмою необхідно викликати вікно обліку пацієнтів. Воно містить коротку інформацію про пацієнтів, зареєстрованих в базі даних. Для виклику вікна необхідно вибрати пункт “Patients...” в меню “File”. Для виклику вікна додавання/редагування енцефалограми необхідно натиснути кнопку “Edit...” у вікні “Patients”. Масиви відліків енцефалограм можна вводити вручну для кожного з відведень. Для цього внизу вікна наявна таблиця часових відліків (1 мм = 1/31 с). Завантажувати дані енцефалограми можна також шляхом їх копіювання з буферу обміну. Для обнулення введених даних необхідно натиснути кнопку “Reset”. Для візуалізації процесу додавання/редагування даних за відведеннями наявне вікно “Abduction Graph”. Для відображення готової енцефалограми необхідно перейти на Tab “EEG”.

Для виклику вікна спектрального аналізу енцефалограми необхідно натиснути кнопку “Analyze...” у вікні “Patients”. Виведене вікно відображає спектральний розподіл для кожного з відведень. Відведення для аналізу вибирається вручну зі списку “Abductions”. Рамка “Spectral Factors” відображає числові значення частотних коефіцієнтів α , β , δ , θ для аналізованого відведення.

Під час вибирання меню “Show Labels”, з'являються математичні значення спектральних характеристик безпосередньо на їх графічному зображенні.

Під час вибору меню “Show EEG” відбувається одночасне відображення енцефалограми та спектрального розподілу будь-якого з її відведень (рис. 2).

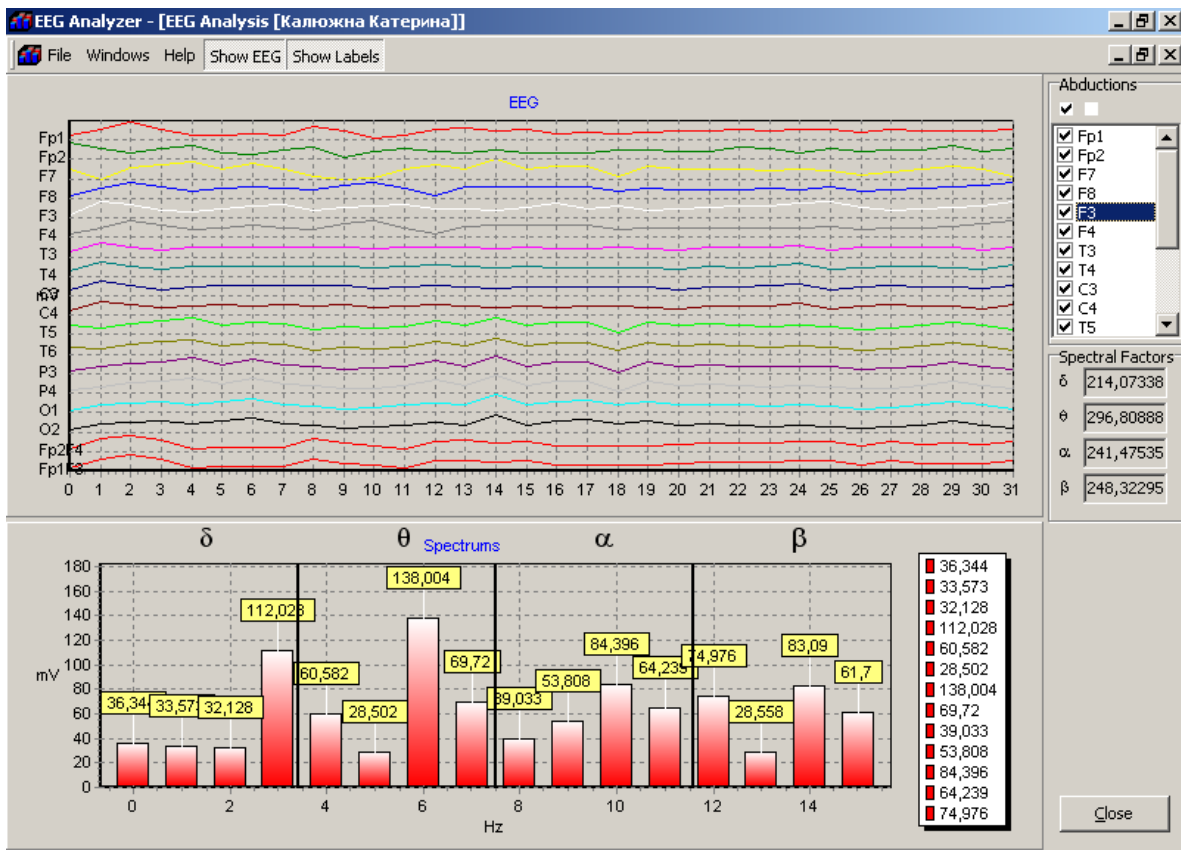


Рис.2. Вікно графічної візуалізації EEG- сигналів та їх спектральних характеристик

Висновки

Програма EEG Analyzer, реалізована в IDE Delphi 6 для ОС Windows, являє собою аналізатор електроенцефалограм за спектральними характеристиками. Спектральний аналіз реалізований на основі алгоритму математичного швидкого перетворення Фур'є.

На основі введених амплітудних параметрів електроенцефалограми (16 відведень) здійснюється графічна візуалізація електроенцефалограми в часовому діапазоні 1 с. Можлива окрема візуалізація та редагування електроенцефалограми кожного з відведень. Проводиться спектральний аналіз даних кожного відведення і всієї електроенцефалограми. У результаті отримується графічне зображення спектральних характеристик за вибраною кількістю відведень, а також математичні значення спектральних коефіцієнтів α , β , δ , θ для кожного з відведень.

Моделювання та дослідження алгоритмів спектральної обробки EEG-сигналів та візуалізації результатів аналізу дають можливість рекомендувати їх для реалізації засобами мікропроцесорної техніки для використання в малогабаритних (портативних) медичних приладах , а також в системах медичної телеметрії, коли реєстрація та попередня обробка EEG- сигналів проводиться мікропроцесорними блоками системи, а детальний аналіз та візуалізація – за допомогою комп'ютерних діагностичних комплексів .

1. Марпл С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. – М., 1993

2. Дорош Н.В., Кучмії Г.Л. // Вісник НУ "Львівська політехніка", 2004, №512. – С. 55–57.