

ФЕТАЛЬНИЙ ДОБОВИЙ МОНІТОРИНГ НА ОСНОВІ СЛІПОГО РОЗДІЛЕННЯ СИГНАЛІВ

Зінгер Я. Л.; Нелін Є. А., д.т.н., проф.

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Одним з найважливіших показників нормального розвитку вагітності є серцебиття плоду — основний показник життєздатності майбутньої дитини. По статистиці як в Україні, так і в світі з 1000 народжених у 10 виявляють вади серця, у 1–2 вади тяжкі, що загрожують життєвому стану; не менш як у 25 % народжених з вадами серця захворювання залишаються невиявленими при виписці з пологового будинку [1, 2]. Своєчасне діагностування вад серця плода вкрай важливе, оскільки чим раніше виявлено хворобу, тим швидше можна провести лікування, запобігти хірургічному втручанню та навіть зберегти життя.

Безсумнівно, що розвиток методів оцінки стану плода має значну актуальність. Найчастіше стан серця плода аналізують ультразвуковим дослідженням. Електрокардіографія більш точна, не має негативних наслідків. Існуючі прилади для реєстрації електрокардіограми (ЕКГ) плода призначені для медичних установ і мають обмежений час реєстрації. Для отримання повної діагностичної інформації необхідний прилад реєстрації ЕКГ плода на протязі доби в домашніх умовах.

Головною проблемою реєстрації сигналу ЕКГ плода з поверхні тіла матері є його виділення з суміші сигналів, що включає сигнали ЕКГ матері та плода, сигнали скорочень внутрішніх органів матері та зовнішні завади. Сигнал ЕКГ плода має дуже малу амплітуду (1...50 мкВ). Ще одна особливість у тому, що частота серцевих скорочень плода становить 140–160 ударів на хвилину, а матері — 70–90.

В доповіді розглянуто особливості метода сліпого розділення сигналів (СРС) та виконано порівняння результатів виділення сигналу ЕКГ плода методами адаптивної фільтрації (АФ) та СРС.

АФ — один з перших методів, які почали використовувати для виділення сигналу ЕКГ плода [3].

В останній час для обробки біологічних сигналів все частіше застосовують методи сліпого розділення сигналів (СРС). Методи СРС виявилися ефективними при обробці сигналів електроенцефалограм [4], електрогастрограм [5] та ЕКГ [6, 7].

СРС — відносно новий напрям обробки сигналів. СРС можна сформулювати як цифрову обробку невідомих сигналів, що пройшли лінійний канал з невідомими характеристиками на тлі адитивних шумів [8].

В рамках СРС зареєстровані сигнали представлені виразом [5, 8]:

$$X = A \cdot S + V,$$

де X — матриця сигналів відведень; A — змішувальна матриця; S — матриця сигналів джерел; V — матриця завад.

На основі даних реєстрації необхідно отримати оцінку сигналів джерел — матрицю Y , що визначається виразом

$$Y = W \cdot X,$$

де W — матриця розділення.

Значний інтерес становить порівняльний аналіз ефективності різних методів виділення сигналу ЕКГ плода. Порівняємо моделюванням в *програмному* пакеті MATLAB результати за методами АФ і СРС.

На рис. 1 показано модельний сигнал ЕКГ з позначенням QRS комплексу. Вихідні дані моделювання: частота серцевих скорочень матері й плода 90 і 140 ударів на хвилину, напруга в точці R для ЕКГ матері й плода 190 і 19 мкВ, частота дискретизації сигналу ЕКГ матері й плода 400 Гц.

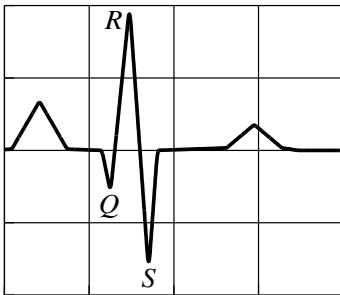


Рисунок 1. Сигнал ЕКГ

Для покращення виділення сигналу ЕКГ плода оброблюваний сигнал формується як різниця таких двох сигналів.

1. Сигнал, що реєструється з абдомінальних відведень, — суміш сигналів ЕКГ матері та плода й випадкових завад з розподілом за нормальним законом.

2. Сигнал, що реєструється зі стандартних відведень, — суміш сигналу ЕКГ матері й випадкових завад з розподілом за нормальним законом.

На рис. 2 представлено фрагменти сигналу ЕКГ плода, виділеного з оброблюваного сигналу. Як бачимо, СРС забезпечує більш високу якість сигналу зі зменшенням похибки визначення QRS комплексу. Усереднені похибки значень в точках Q , R і S для методів АФ і СРС складають відповідно 11 і 8%, 14 і 5%, 4,5 і 4%.

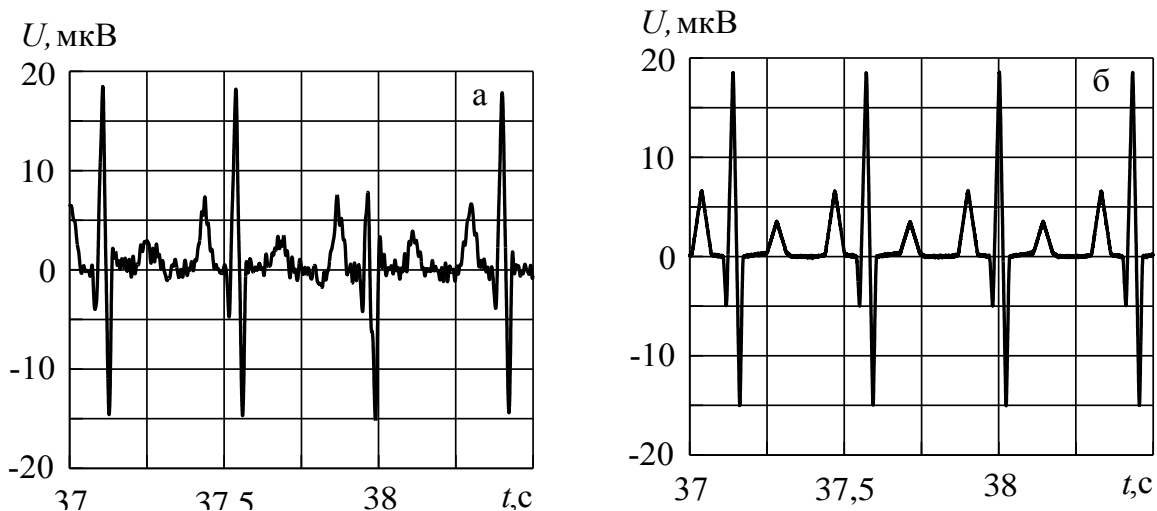


Рисунок 2. Фрагменти сигналу ЕКГ плода, виділеного методами АФ (а) і СРС (б)

Чисельне експериментальне моделювання дозволяє оптимізувати математичне й програмне забезпечення вирішення задачі виділення сигналу ЕКГ плода з достатньою розділовою здатністю для компактного зручного у користуванні приладу фетального добового моніторингу ЕКГ у домашніх умовах.

Перелік посилань

1. Congenital Heart Defects (CHDS). Data & Statistics [Електронний ресурс].— Режим доступу: <http://www.cdc.gov/ncbddd/heartdefects/data.html>.
2. Болезни сердца и сосудов. Врожденные пороки сердца у детей: что нужно знать родителям [Електронний ресурс].— Режим доступу: <http://www.likar.info/azbukazdorovya/article-42275-vrozhdennyye-poroki-serdtsa-u-detey-cto-nuzhno-znat-roditelyam>.
3. Зінгер Я.Л. Фетальний моніторинг. Електрокардіограма плода. Київ: Міжнародна науково-технічна конференція "Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи", 2013р., с. 184-185.
4. Захаров И.С. Компонентный анализ в задаче слепого разделения спонтанной. [<http://sntbul.bmstu.ru/doc/608623.html>] Москва : Молодежный научно-технический вестник, Молодежный научно-технический вестник, 2013 р.
5. Штык С.В. Слепое разделение смоделированных сигналов электрогастрограммы и электроэнтерограммы. / С.В. Штык, А.И. Кузин. Харьков : Радиоэлектронные и компьютерные системы, №1(28), 2008 р., с. 32-35.
6. Karvounis E.C. A Non-invasive Methodology for Fetal Monitoring during Pregnancy. / E.C. Karvounis, M.G. Tsipouras, C. Papaloukas, D.G. Tsalikakis, K.K. Naka, D.I. Fotia dis. Schattauer : Methods Inf Med , 2010, p.1-16.
7. Иванушкина И.В. Анализ низкоамплитудных сигналов электрической активности сердца / И.В. Иванушкина, Иванько Е.О, Тимофеев В.И. Киев: Известия вузов. Радиоэлектроника. Т.57 №10, 2014 г., с.42-52.
8. Горячкин О.В. Методы слепой обработки сигналов и их приложения в системах радиотехники и связи. — М.: Радио и связь, 2003. — 230с.: ил.

Анотація

Розглянуто особливості використання метода сліпого розділення сигналів для виділення сигналу електрокардіограми плода із суміші сигналів, що реєструються на поверхні тіла матері. Виконано порівняння результатів виділення сигналу електрокардіограми плода методами адаптивної фільтрації та сліпого розділення сигналів.

Ключові слова: фетальний моніторинг, електрокардіограма, сліпе розділення сигналів.

Аннотация

Рассмотрены особенности использования слепого разделения сигналов для выделения сигнала электрокардиограммы плода из смеси сигналов, регистрируемых на поверхности тела матери. Выполнено сравнение результатов выделения сигнала электрокардиограммы плода методами адаптивной фильтрации и слепого разделения сигналов.

Ключевые слова: фетальный мониторинг, электрокардиограмма, слепое разделение сигналов.

Abstract

The features of the use of blind signal separation to select fetal electrocardiogram signal from a mixture of signals recorded on the body surface of the mother are considered. Comparison of results of fetal electrocardiogram signal selection by adaptive filtration and blind signal separation is fulfilled.

Keywords: fetal monitoring, electrocardiogram, blind signal separation.