

МЕТОД ОПРАЦЮВАННЯ СУМІШІ ЕЛЕКТРОКАРДІОСИГНАЛІВ МАТЕРІ ТА ПЛОДА ЯК ПЕРІОДИЧНО-КОРЕЛЬОВАНОЇ ВИПАДКОВОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ

Анотація. У роботі запропоновано використання синфазного методу отримання спектральних компонент суміші електрокардіосигналів матері та плоду, який уможливило діагностування стану плода без попереднього розділення суміші.

Ключові слова: електрокардіосигнал, математична модель, спектральний аналіз, періодично-корельована випадкова послідовність, синфазний метод.

H. Shadrina, E. Yavorska

MATERNAL AND FOETUS ELECTROCARDIOSIGNALS MIXTURE AS PERIODICALLY CORRELATED STOCHASTIC SEQUENCE PROCESSING METHOD

Summary: This paper is devoted to synphase method using for receiving of maternal and foetus electrocardiosignals mixture spectral components which makes it possible the foetal state diagnostics without previos mixture decomposition.

Keywords: electrocardiosignal, mathematical model, spectral analysis, periodically-correlated stochastic sequence, synphase method.

Функціональна оцінка стану внутріутробного плода є одним із найскладніших завдань перинатальної діагностики. У медицині для моніторингу серцевої активності плода використовують ультразвукове зондування, яке не може вважатися для нього абсолютно безпечним, та інвазивну електрокардіографію.

При своїй достатній простоті і відносній доступності в нашій країні, ультразвукове дослідження все ж має ряд серйозних недоліків.

По-перше, ультразвукове зондування, навіть із врахуванням серйозних обмежень на випромінювану сенсором ультразвукову (УЗ) потужність не може вважатися абсолютно безпечним для плода, який формується, тому час УЗ обстеження переважно строго обмежують. Для отримання достовірних результатів потрібними є досить тривалі інтервали для спостереження за серцевою активністю плода.

По-друге, щоб отримати дані про зміни частоти серцевих скорочень плода, необхідно постійно відслідковувати його положення та переміщення, відповідно періодично змінюючи положення УЗ сенсора. Дана робота вимагає певних навиків і повинна виконуватися кваліфікованим фахівцем.

Нарешті, реєстрація лише механічних параметрів серцевої діяльності не може повністю замінити реєстрації та аналізу електрокардіограми, що формується на основі первинних електричних процесів.

Електрокардіограма забезпечує високу якість моніторингу, але вимагає накладання спеціального електрода на голівку плода і тому може використовуватися тільки при пологах.

Аналіз існуючих досягнень, наприклад, за допомогою біомедичних систем апарат для електрокардіографії плода ST Analyser (STAN, Neoventa AB, Швеція), фетальні монітори "FEMO" (MEDCO Electronics Systems, Ізраїль), "CARE 2000" (University of Nottingham, Нідерланди), Sonicaid Team IP Trend (Великобританія), показує, що на даний час відсутні надійні неінвазивні технології, які б забезпечили стійкі та достовірні результати.

Проблема розроблення неінвазивних технологій при моніторингу серцевої активності плода призводить до необхідності удосконалення використовуваних математичної моделі суміші електрокардіосигналів матері і плода (ЕКСМ і ЕКСП).

Для вирішення цієї проблеми дослідники намагаються застосувати ряд методів: адаптивна фільтрація, сліпе розділення сигналів, метод незалежних компонент, сингулярна

декомпозиція, проєктивне розшарування, вейвлет-перетворення, спектральний і кореляційний аналіз. Ці методи спрямовані на виділення ЕКСП із суміші з ЕКСМ.

В роботі запропоновано використання математичної моделі суміші ЕКСМ та ЕКСП у вигляді періодично-корельованої випадкової послідовності (ПКВП).

На базі нової математичної моделі суміші електрокардіосигналів матері та плода й засобів моніторингу серцевих сигналів матері та внутріутробного плоду розроблено неінвазивні, вірогідні, прогностичні методи та засоби для оцінювання гіпоксичного стану плода чи новонародженої дитини з метою ранньої діагностики їх стану.

Для спектрального аналізу суміші як ПКВП використано синфазний, компонентний та фільтровий методи, модифіковані для застосування до випадкових послідовностей.

Алгоритми оцінювання імовірнісних характеристик побудовано, виходячи з властивостей множин співфазних значень суміші, які є усередненням по кожній з цих множин, що дає можливість за однією реалізацією L -ергодичної суміші оцінити фазову структуру її коваріації і середнього, тобто зміну їх в часі, а не лише їхні середні значення.

Стационарні послідовності відліків через період корельованості суміші є не лише стационарними та стационарно зв'язаними, але і мають властивості ергодичності та ергодичної зв'язаності. Оскільки із подання електрокардіосигналу через стационарні компоненти очевидно, що всю випадковість визначають ці компоненти, умова ергодичності такого процесу рівносильна ергодичності та ергодичної зв'язаності його стационарних компонент.

В ході аналізу отримано спектральні компоненти для ритмічної, стационарно варіабельної та нестационарно варіабельної суміші. Використання їх для нестационарно-варіабельних послідовностей (як можливих математичних моделей суміші) уможливило отримання кращих характеристик для її оцінювання, коли параметри ЕКСП невідомі, оскільки спектри нестационарної послідовності зосереджені на різних компонентах. На нестационарність серцевої ритміки плода вказує поява ритмічності спектральних компонент отриманих в результаті спектрального аналізу суміші.

Для означення вірогідності результатів оцінювання спектральної густини потужності нестационарної серцевої ритміки застосовано комбіновану систему показників вірогідності, регламентованих у відповідних нормативних документах — імовірність помилки, вірогідність результату, поріг вірогідності.

Встановлено, що спектральні характеристики суміші, отримані при використанні моделі як ПКВП, за своєю інформативністю є кращими за такі ж характеристики при використанні стационарної моделі. Використання синфазного методу, який базується на моделі суміші у вигляді ПКВП, для отримання спектральних компонент не потребує виділення ЕКСП із суміші з ЕКСМ і висновок про стан плода формується на підставі вигляду спектральних компонент суміші в цілому, на відміну від існуючих методів.