

УДК 519.218:618.2-071.6

Лілія Хвостівська, Микола Хвостівський, к.т.н., доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОКАРДІОСИГНАЛУ ПЛОДУ В УТРОБІ МАТЕРІ

У тезі обґрунтовано застосування енергетичної теорії стохастичних сигналів до вибору математичної моделі електрокардіосигналу плоду в утробі матері у вигляді адитивної суміші періодично корельованих випадкових процесів

Ключові слова: плід, мати, електрокардіосигнал, математична модель, адитивна суміш, періодично корельований випадковий процес

Liliya Hvostivska, Mykola Hvostivskyu

In the thesis application of the theory of stochastic energy signals to the choice of the mathematical model electrocardiosignal fetus in the womb in a mixture of noise in the form of an additive mixture of periodically correlated random processes

Keywords: fruit, have electrocardiosignal mathematical model, additive mixture periodically correlated random process

Незважаючи на певні досягнення в галузі пренатальної медицини, основним завданням акушерів в даний час є подальше зниження пренатальної захворюваності і смертності. У зв'язку з цим проблема анти- і інтранатальної діагностики порушень стану плода не втратила своєї актуальності. Її рішення може сприяти застосування сучасних методів розпізнання стану плода, до яких відноситься реєстрація його електрокардіосигналу (ЕКС), яка широко застосовується в акушерській практиці [1,2].

Інвазивні технології, які використовуються на сьогодні, забезпечують достовірну якість реєстрації ЕКС, але вимагають накладення одного з електродів на голівку плода, і тому можуть застосовуватися тільки в ході пологів [3]. Для раннього ж діагнозу впродовж вагітності, який забезпечує своєчасність і ефективність відповідного лікарського втручання, найбільш відповідними є неінвазивні технології, які базуються на використанні ЕКС плоду, зареєстрованого на поверхні тіла матері [4,5] (рис.1).



Рисунок 1 – Реалізація ЕКС зареєстрованого на поверхні тіла матері

Перші вдалі дослідження в цьому напрямі, які були проведені вже більше сорока років тому, не забезпечили надійних технологій і недорогої техніки, що дають можливість отримувати стійкі і достовірні результати. Проблема полягає в тому, що зареєстровані на поверхні тіла матері сигнали є сумішню материнського ЕКС (≈ 200 мкВ), значно нижчого (≈ 10 разів) по рівню ЕКС плоду (≈ 20 мкВ) і численних завад - мережевої завади, материнського електроміосигналу, дихальної складової, електродних артефактів і шумів реєструючої апаратури.

У результаті огляду праць, присвячених проблемі реєстрації ЕКС плоду із суміші встановлено, що сучасні методи та засоби ідентифікації математичних моделей

ЕКС плоду побудовані без єдиного методології та не забезпечують необхідної достовірності результатів опрацювання. Для вирішення цієї проблеми дослідники застосовують ряд методів: адаптивна фільтрація [6], сліпе розділення сигналів [7,8], метод незалежних компонент [9], сингулярна декомпозиція [10], проективне розшарування [11], вейвлет-перетворення [12, 13].

Тому побудова адекватної математичної моделі ЕКС плоду в утробі матері та розроблення на її основі нового методу опрацювання для виявлення ЕКС плоду на фоні ЕКС матері і ряду завад з високою достовірністю прийнятого рішення є актуальною науково-технічною задачею.

Попередній аналіз, проведений в працях [6-13], показує, що реалізацію ЕКС плоду можна розглядати як випадкову послідовність, яка є адитивною сумішшю ЕКС плоду, ЕКС матері і завади (зумовлено методикою реєстрації ЕКС плоду):

$$\xi(t) = \xi_1(t) + \xi_2(t), \quad (1)$$

де $\xi_1(t)$ - ЕКС плоду із завадами, $\xi_2(t)$ - ЕКС матері зареєстрований на грудному відведенні матері із завадами.

Враховуючи те, що ЕКС як матері $\xi_2(t)$ так і плоду $\xi_1(t)$ притаманні властивості випадковості (зумовленої впливами зовнішніми та внутрішніми факторами), періодичності (спричиненої роботою серця), тому адекватна математична повинна мати засоби, щоб описати періодичність коливань у часі, що є важливим показником при виявленні моменту прояву змін у функціонуванні серцево-судинної системи.

У термінах енергетичної теорії цим вимогам задовольняє модель у вигляді періодично корельованого випадкового процесу, яка має засоби врахування як пов'язаності гармонічних (періодичних) складових, так і зміни ймовірнісних характеристик [14].

Розглядаючи реалізації ЕКС плоду $\xi_1(t)$ та матері $\xi_2(t)$ як реалізації ПКВП із періодами корельованості T_1 і T_2 , вираз (1) подано у вигляді адитивної суміші періодично корельованих випадкових процесів через стаціонарні компоненти:

$$\xi(t) = \sum_{k \in Z} \xi_{1k}(t) e^{i \frac{2\pi}{T_1} kt} + \sum_{k \in Z} \xi_{2k}(t) e^{i \frac{2\pi}{T_2} kt}, \quad (2)$$

де $\xi_{1k}(t), k \in Z$ - стохастична складова у вигляді стаціонарних компонент ЕКС плоду $\xi_1(t)$;

$\xi_{2k}(t), k \in Z$ - стохастична складова у вигляді стаціонарних компонент ЕКС матері $\xi_2(t)$;

$e^{i \frac{2\pi}{T_1} kt}$ і $e^{i \frac{2\pi}{T_2} kt}$ - періодичні множники ЕКС плоду із періодом T_1 та ЕКС матері із періодом T_2 .

Список використаних джерел

1. Пролигіна О.В. Сучасний стан здоров'я жінок дітородного віку та основні причини перинатальної і неонатальної захворюваності і смертності (огляд літератури) // Biomedical and Biosocial Anthropology. -2009.-№13.-С.268-273.

2. Курцер М.А. Перинатальная смертность и пути ее снижения: Автореф. Дисс...д-ра мед. наук. – М.: 2001. – 49 с.
3. В.А.Потапов Современные диагностические и лечебные технологии в акушерской, перинатальной и гинекологической практики // Жіночий лікар. – 2007. – № 5. – С.12.
4. В.И. Шульгин, А.В. Токарев Метод регистрации и анализа электрокардиограмми плода в ходе беременности // Радіоелектронні і компютерні системи. - 2008. - №3. – С. 66-75.
5. І.В. Лахно, О.В. Печенін, В.І. Шульгін. Можливості неінвазивного вивчення електрокардіограми плода // Вісник Харківського національного університету. Збірник наукових праць. – 2006. - Випуск 12.
6. Zarzoso V., Millet-Roig J., Nandi A.K. Fetal ECG Extraction from Maternal Skin Electrodes Using Blind Source Separation and Adaptive Noise Cancellation Techniques. In Computers in Cardiology, Boston, MA, September 24-27, 2000. - 431-434 pp.
7. Lathauwer L.De, Moor B.De, Vandewalle J. Fetal Electrocardiogram Extraction by Blind Source Subspace Separation. IEEE transactions on biomedical engineering, V. 47, No. 5, 2000. - 567-572 pp.
8. Lathauwer L.De, Moor B.De, Vandewalle J. Fetal Electrocardiogram Extraction by Source Subspace Separation. Proceedings IEEE SP, Athos Workshop on Higher, Order Statistics, Girona, Spain, 1994. - 134-138 pp.
9. Vrins F., Lee J.A., Verleysen M., et al. Improving independent component analysis performances by variable selection. NNSP'2003 proceedings, Toulouse (France), 2003. - 359-368 pp.
10. Lathauwer L.De, Moor B.De, Vandewalle J. SVD-Based Methodologies for Fetal Electrocardiogram Extraction. Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2000 Vol 6. 2000 IEEE International Conference, 2000. - 3771-3774 pp.
11. Kotas M. Projective filtering of time-aligned beats for foetal ECG extraction. Bulletin of the polish academy of sciences. technical sciences. V. 55, No. 4, 2007. - 331-339 pp.
12. Vigneron V., Paraschiv-Ionescu A., Azancot A., et al. Fetal electrocardiogram extraction based on non-stationary ICA and wavelet denoising. Proceedings. Seventh International Symposium on. ISSPA. vol.2, 2003. - 69-72 pp.
13. Azzeroni B, Foresta F., Mammone N., Morabito F.C. A New Approach Based On Wavelet-ICA Algorithms For Fetal Electrocardiogram Extraction // Proc. ESANN'2005, Bruges (Belgium), 193-198 pp.
14. Драган Я.П. Енергетична теорія лінійних моделей стохастичних сигналів: монографія / Я. П. Драган. – Львів : Центр стратегічних досліджень еко-біо-технічних систем, 1997. –XVI+333 с.