

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО



**XII МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА
КОНФЕРЕНЦІЯ**

**ФІЗИЧНІ ПРОЦЕСИ ТА ПОЛЯ ТЕХНІЧНИХ
І БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ**

Посвідчення УкраїНТЕІ № 608 від 11.10.2012

Матеріали конференції



Кременчук – 2013

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО**

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

**XII Міжнародна науково-технічна конференція
«Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів»**

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

**XII Международная научно-техническая конференция
«Физические процессы и поля технических и биологических объектов»**

CONFERENCE PROCEEDINGS

**XII International scientific and technical conference
«Physical processes and fields of technical and biological objects»**

(посвідчення про реєстрацію УкраїНТЕІ № 608 від 11.10.2012)

Кременчук, 8 – 10 листопада 2013 р.

XII Міжнародна науково-технічна конференція “Фізичні процеси та поля в галузях природничих, гуманітарних і технічних наук: біологічних об'єктів”: Матеріали конференції. – Кременчук: КрНУ, 2013. – 240 с.

Друкується за рішенням Вченої ради Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського (протокол № 1 від 17. 10. 2013 р.). Збірник публікує матеріали, що містять нові теоретичні та практичні результати в галузях природничих, гуманітарних і технічних наук.

ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Голова

Загірняк М. В. – д.т.н., професор, член-кореспондент НАПН України, ректор Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Заступник голови

Никифоров В. В. – д.б.н., професор, перший проректор Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Члени програмного комітету

Зіньковський Ю. Ф. – д.т.н., професор, академік НАПН України, завідувач кафедри «Конструкції виробництва радіоапаратори» Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»

Невлюдов І. Ш. – д.т.н., професор, завідувач кафедри «Технологія та автоматизація виробництва РЕЗ та ЕВО» Харківського національного університету радіоелектроніки

Кузнецов С. О. – д.х.н., завідувач лабораторії високотемпературної хімії і електрохімії Інституту і технології рідких елементів і мінеральних матеріалів імені І.В. Тананаєва Кольського наукового центру РНБОУ м. Апатити, Росія

Соловйов В. В. – д.х.н., професор, завідувач кафедри «Фізика» Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка

Лхаді Атуї – проректор університету м. Аннаба, Алжир (Universite de Badji Mokhtar)

Єлізаров О. І. – д.ф.-м.н., професор кафедри «Природні дисципліни» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Оксанич А. П. – д.т.н., професор, завідувач кафедри «Інформаційно-управляючі системи» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Артамонов В. В. – д.т.н., професор, завідувач кафедри «Геодезія, землевпорядкування та картографія» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Підліснюк В. І. – д.х.н., професор Університету Матея Бела (Словаччина), професор кафедри «Екологічна безпека та організація природокористування» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Кубова Р. М. – к.ф.-м.н., доцент кафедри «Математика і інформатика» Московського університету імені С.Ю. Вітте, Росія

Кременецький В. Г. – к.х.н., с.н.с. лабораторії високотемпературної хімії і електрохімії Інституту і технології рідких елементів і мінеральних матеріалів імені І.В. Тананаєва Кольського наукового центру РНБОУ м. Апатити, Росія

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова

Мосьпан В. О. – к.т.н., доцент, декан факультету електроніки та комп’ютерної інженерії Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Члени організаційного комітету

Антонова О. І. – к.б.н., доцент кафедри електронних апаратів Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Фомовська О. В. – к.т.н., доцент кафедри електронних апаратів Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Юрко О. О. – к.т.н., доцент кафедри електронних апаратів Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Мосьпан Д. В. – к.т.н., доцент кафедри електронних апаратів Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Гладкий В. В. – старший викладач кафедри електронних апаратів Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Міхальчук О. П. – старший викладач кафедри електронних апаратів Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Науково-технічний редактор – Т. Ф. Козловська, к.х.н., доц.

Відповідальний за випуск – В. В. Гладкий, старш. викл.

© Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2013 р.

ISSN 2305-1353

Адреса редакції: 39600, Кременчук, вул. Першотравнева, 20. Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, кафедра «Електронні апарати», к. 1203
Телефон: (05366) 3-20-01. E-mail: kafea@kdu.edu.ua

БІОЛОГІЧНІ ТА МЕДИЧНІ ПРИЛАДИ І СИСТЕМИ

REFINEMENT OF FETAL HEART RATE CHARACTERISTICS BY EXTRACTING MATERNAL HEART BEATS

I. Borovskyi, O. Avilov, M. Zhukov, A. Popov

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»
vul. Politekhnichna, 16, Kyiv, 03056, Ukraine. E-mail: anton.popov@ieee.org

Analysis of abdomen ECG can provide researchers and clinicians with information about fetus state and fetal heart functioning. The problem of distinguishing between fetal and maternal R-peaks in ECG is considered, and extraction of maternal heart beats from fetal R-peaks sequence is proposed to be performed before calculation any characteristics of fetal heart rate. Permutation entropy is used as a quantitative measure of fetal rhythmogram.

Key words: fetal ECG, permutation entropy, heart rate characteristics

OBJECTIVES. Development and application of maternal and fetal physiological states identification techniques based on the noninvasive electrical heart activity monitoring is of great clinical importance during pregnancy. Despite of high level of medicine nowadays, estimation of prenatal normal and pathological states is far from its final solution because of the lack of our knowledge about fetal physiology and pathophysiology. Automated analysis of measured data can provide researchers and clinicians with objective information about fetus state and functioning.

The main step in fetal heart rhythm extraction from abdominal ECG is to find the time positions of fetal ECG R-peaks referred to heart beats (Fig. 1). Abdomen ECG is the mixture of ECG of mother's heart and ECG from fetal heart registered simultaneously. To obtain the rhythmogram belonging to the fetus' heart only, the R-peaks from different hearts are to be differentiated and separated. To localize R-peaks in ECG, a variety of mathematical techniques have been developed, e.g. [1–3]. The problem with these techniques is that they can potentially detect both fetal and maternal R-peaks, hampering proper analysis of fetal rhythmogram.

The purpose of this report is to propose an approach to prevent presence of maternal R-peaks in the resulting rhythmogram belonging to the fetus only.

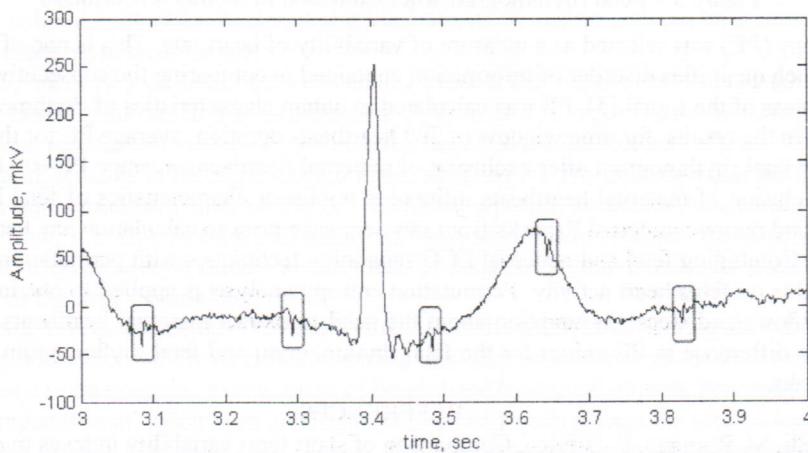


Figure 1 – One QRS complex of abdominal ECG with marked R-peaks from the fetal heartbeats

MATERIALS AND RESULTS. The new technique of fECG extraction is used in this paper, based on filtration in wavelet domain and reconstruction of fetal ECG using detailization coefficients. Mother wavelet function is selected, which resembles the shape of fetal QRS complex and thus allows its detection in abdomen ECG with higher accuracy. After that abdomen ECG $S(t)$ is decomposed into detailization $D_m(t)$ and approximation $A_m(t)$ parts using standard DWT technique. ECG is reconstructed after thresholding using only detailization part of the empirically optimized decomposition level. After this procedure R-peaks and rhythmogram were obtained, presumably containing only fetal RR-intervals.

Obtaining a rhythmogram having the ECG with fetal constituents may be a challenging task due to the overlapping

of fetal QRS complexes over the maternal ones, and due to misdetection of maternal QRS complexes as fetal ones. Since the maternal ECG signal is 3–15 times larger than fetal ECG, special effort of distinguishing the QRS complexes should be made.

To study the influence of possible presence of maternal R-peaks in the series of fetal R-peaks, two rhythmograms were formed in reported research: first one from the raw R-peaks sequence with possible presence of fetal and maternal heartbeats contributions, and second one after removal of maternal R-peaks, which were preliminary detected by standard technique [4]. Rhythmograms of two R-peaks sequences are given in Figures 2 and 3, respectively.

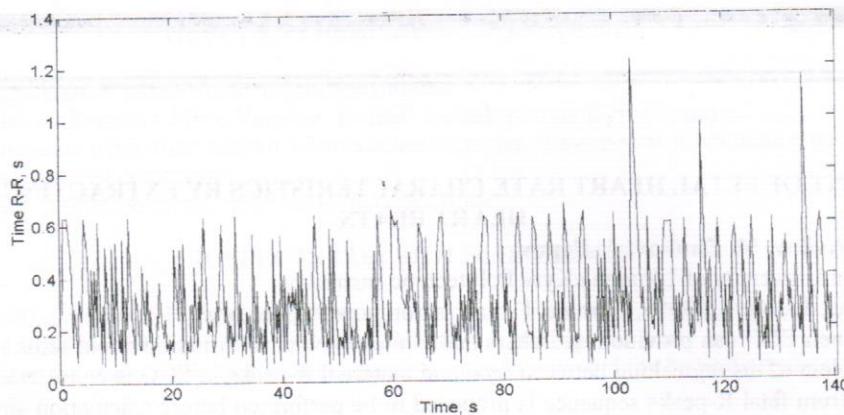


Figure 2 – Fetal rhythmogram with possible presence of fetal and maternal heartbeats contributions

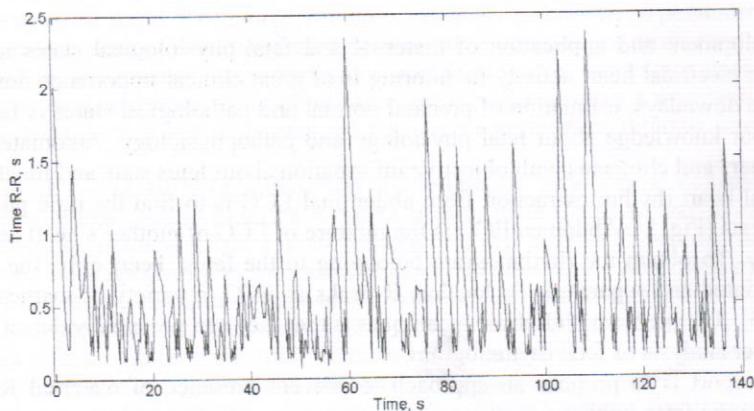


Figure 3 – Fetal rhythmogram after exclusion of mother's heartbeats

Permutation Entropy (PE) was selected as a measure of variability of heart rate. This is one of nonlinear characteristics of time series, which quantifies disorder of information contained in comparing the consecutive values of the signal, thus showing randomness of the signal [5]. PE was calculated to obtain characteristics of rhythmograms for two sets of interbeat intervals. In the results, for time window of 200 heartbeats duration, average PE for the raw rhythmogram is 0.70 ± 0.04 , while for fetal rhythmogram after exclusion of maternal heartbeats average PE is 0.88 ± 0.06 . Thus it can be concluded, that exclusion of maternal heartbeats influences nonlinear characteristics of fetal heart rate. It might be reasonable to extract and remove maternal R-peaks from raw sequence prior to calculation any heart rate characteristics.

CONCLUSIONS. Combining fetal and maternal ECG separation techniques with permutation entropy analysis, one can acquire new insights on fetus heart activity. Permutation entropy analysis is applied to obtain PE values and trends for different time windows and steps. Assumption about the need to extract maternal heartbeats from initial rhythmogram is proven by the difference in PE values for the fetal rhythmogram and fetal rhythmogram obtained after extraction of maternal R-peaks.

REFERENCES

1. M. Cesarelli, M. Romano, P. Bifulco. Comparison of short term variability indexes in cardiotocographic foetal monitoring. //Computers in Biology and Medicine. – 2009. – Vol. 39. – PP. 106–118.
2. V. Chudáček et al. Automatic evaluation of intrapartum fetal heart rate recordings: a comprehensive analysis of useful features // Physiological Measures. – 2011. – Vol. 32. – PP. 1347–1360.
3. Hoyer D. et al. Fetal development assessed by heart rate patterns – Time scales of complex autonomic control // Computers in Biology and Medicine. – Vol. 42. – PP. 335–341.
4. Pan J., Tompkins W. A Real-Time QRS Detection Algorithm // IEEE Transactions on Biomedical Engineering. – 1958. – Vol. BME-32, iss. 3. – PP. 230–236.
5. Permutation entropy: A natural complexity measure for time series / C. Bandt, B. Pompe // Physical Review Letters. – 2002. – Vol. 88.