

УДК 519.216:612.16

Кіліштоф Ю.А. – ст.гр. РБм-51

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДОБОВОГО ПУЛЬСОВОГО СИГНАЛУ ДЛЯ ЗАДАЧІ ВЕРИФІКАЦІЇ АЛГОРИТМІВ РОБОТИ СИСТЕМ ГОЛТЕРІВСЬКОГО МОНІТОРИНГУ

Науковий керівник: к.т.н., доцент Хвостівський М.О.

Kilishthof Y.

Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University

IMITATION MODELING OF THE DAILY PULSE SIGNAL FOR VERIFICATION OF ALGORITHMS WORK OF HOLTER MONITORING SYSTEMS

Supervisor: Hvostivsky M.

Ключові слова: добовий пульсовий сигнал, імітаційне моделювання

Keywords: daily pulse signal, simulation simulation

За даними ВОЗ (2017 р.) смертність від серцево-судинних захворювань (ССЗ) займає перше місце (30% від усіх захворювань), за даними World Health Statistics (2017 р.) - 9,7% захворювань судин, 12,2% захворювань серця. Високі показники захворюваності судинної системи людини роблять цю проблему однією з найважливіших в охороні здоров'я людини як в Україні так і у всьому світі.

Своєчасне діагностування стану судин людини за результатами аналізу пульсового сигналу (ПС) проводять з використанням систем голтерівських моніторингу (СГМ) (зокрема, Edilog Excel (Oxford, Англія), MT-100 (Schiller, Швейцарія), Mars PC (GE, США), Кардіотехніка (ИНКАРТ, Росія, Санкт-Петербург), Ритм (НТО "БЭТА", Україна, Кіровоград), Cardio Sens (НТЦ «ХАІ-Медика», Україна, Харків))

Ефективність аналізу ПС залежить від наявності адекватної до такої задачі його математичної моделі і розробленої на її основі імітаційної моделі як засобу для тестування алгоритмів аналізу ПС у системах голтерівського моніторингу, оскільки імітаційна модель дає змогу задавати у своїй структурі апріорні дані про характерні властивості сигналу.

Аналізом відомих імітаційних моделей ПС встановлено, що вони у своїх структурах не враховують поєднання зміни параметрів випадковості та періодичності із урахуванням їх добової зміни (час спостереження $t \geq 24$ год.), що є важливим для верифікації алгоритмів роботи СГМ. Зокрема, імітаційна модель ПС у вигляді:

- лінеаризовані рівняння Нав'є-Стокса в циліндричних координатах (Благітко Б., Заячук І., Пирогов О.) [1] – не враховує випадковість;
- гармонічної трифазної моделі (відображає природу породження пульсацій в кровоносній системі в межах одного періоду) (В.В.Гнілицький, Н.В. Мужичька) [2] - не враховує випадковість та періодичність;
- гармонічного осцилятора з експоненціальним зниканням (враховує періодичність ПС) (Акулов Ю.П., Михайлов Н.Ю., Толмачев Г.Н.) [3,4] – не враховує випадковість;

- адитивної суміші детермінованої і випадкової складових (враховує випадковість ПС) (Самков С.В., Черненко А.И.) [5] – не враховує періодичність.

- у вигляді періодично подовжених сум двох функцій із заданими законами нормального розподілу (Хвостівська Л.В.) (враховує періодичність та випадковість) [6] – не враховує зміну фазових показників впродовж серцевих циклів.

Розроблення імітаційної моделі добового ПС, яка би врахувала у своїй структурі періодичність (циклічність процесу, який задається роботою серця людини), випадковість (зміна амплітудних та часових параметрів за рахунок внутрішніх та зовнішніх завад) для задачі верифікації алгоритмів роботи систем голтерівського моніторингу є актуальною науковою задачею.

Розроблений вираз імітаційної моделі ПС подано у вигляді виразу:

$$\xi(t) = \sum_{p=1, P} \sum_{k=1, K} \left\{ \begin{array}{l} \sum_{n=1, N} (A_{pnk} + \psi_{Apk}) \cdot e^{-\frac{(t - (m_{pnk} + \psi_{mpk}))^2}{2(T_{pk} + \psi_{Tp})^2}} e^{-tK_{pnk}}, \\ 0 \end{array} \right. \begin{array}{l} , t \in [T_{pk-1}, T_{pk}) \\ , t \notin [T_{pk-1}, T_{pk}) \end{array} + n(t), \quad (1)$$

де T_k - ПС в межах k -го періоду;

A_{pnk} , m_{pnk} , T_{pk} - амплітуда, момент часу максимального кровонаповнення та тривалість n -ої хвилі ПС в межах k -го періоду та p -го сегменту T_{pk} ;

ψ_{Apk} , ψ_{mpk} , ψ_{Tp} - випадковість амплітуди A_{pnk} , моменту часу m_{pnk} та тривалості T_{pk} ПС в межах k -го періоду та p -го сегменту;

K_{pnk} - коефіцієнт фазового відхилення n -ої хвилі ПС в межах k -го періоду та p -го сегменту;

N – кількість складових хвиль ПС; $n(t)$ - адитивна випадкова складова ПС.

K – кількість серцевих циклів кровонаповнення (періодів);

P – кількість сегментів ПС (часові ділянки на яких ПС змінює свої параметри);

Література

1. Математична модель поширення пульсового сигналу у великих кровеносних судинах / Б. Благітко, І. Заячук, О. Пирогов // Фіз.-мат. моделювання та інформ. технології. — 2006. — Вип. 4. — С. 7-11.
2. Гніліцький, В.В. Уточнення гармонічної моделі пульсової хвилі для експресдіагностики за пульсограмами [Текст] / В. В. Гніліцький, Н. В. Мужицька // Вісник ЖДТУ.– Технічні науки. – 2010. – №4(55). – С.28-38.
3. Акулов В. А. [Модель пульсовой волны и её реализация в среде Excel](#). Труды третьей Всероссийской научной конференции. Ч.4. Математические модели в информационных технологиях. – Самара: СамГТУ, 2006. – С. 13–16.
4. Михайлов Н.Ю. Математическая модель пульсовой волны [Текст] / Н.Ю. Михайлов, Г.Н. Толмачев // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2003, – №6, – С.3-9.
5. Самков С.В. Сверхширокополосный радар для измерения параметров сердечно-сосудистой системы человека при физических нагрузках [Текст] / С.В.Самков, А.И.Черненко // II Всерос. научная конф.-семинар, 20 июня 2006 г., Муром. – 2006 – С.475- 479.
6. Хвостівська Л.В. Імітаційна модель пульсового сигналу судин людини [Текст] /Л.В.Хвостівська // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – Хмельницький: ХНУ, 2016.–№ 2. – С.94-100.